

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Definição e Implementação de um Processo de Gestão
de Cartas de Controlo Estatístico de Processo na
Qimonda Portugal

Relatório Final de Projecto

Orientador na Qimonda Portugal S.A.: Eng.^a Raquel dos Santos Moura

Orientador na FEUP: Professora Maria Henriqueta Nóvoa

Junho 2008

Definição E Implementação De Um Processo De Gestão De Cartas De Controlo Estatístico De Processo Na Qimonda Portugal

Luís Folhadela Salgado de Faria

Relatório Final de Projecto

Orientador na Qimonda Portugal S.A.: Eng.^a Raquel dos Santos Moura

Orientador na FEUP: Eng.^a Maria Henriqueta Nóvoa

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Junho 2008

Índice de Conteúdos

RESUMO	IX
ABSTRACT	X
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 O PROBLEMA EM ANÁLISE	1
1.2 APRESENTAÇÃO DA QIMONDA	1
1.3 ESTRUTURA DO DOCUMENTO	5
2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	6
2.1 MODELOS DE GESTÃO POR PROCESSOS	6
2.1.1 O MODELO DE EXCELÊNCIA EFQM	8
2.1.2 O SISTEMA PARA A GESTÃO DE PROCESSOS NA QIMONDA PORTUGAL	10
2.2 CARTAS DE CONTROLO DE PROCESSO NUM SISTEMA DE CONTROLO ESTATÍSTICO DE PROCESSO	16
2.2.1 CONCEITOS ESTATÍSTICOS SUBJACENTES AO FUNCIONAMENTO DAS CARTAS DE CONTROLO	17
2.2.2 CONSTRUÇÃO DE UMA CARTA DE CONTROLO	20
3 CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO ACTUAL DAS CARTAS DE CONTROLO NA QIMONDA PORTUGAL	29
3.1 ENQUADRAMENTO DO SPC NO SISTEMA DE CONTROLO DE PROCESSO DA QIMONDA PORTUGAL	29
3.2 O SPACE – FERRAMENTA INFORMÁTICA DE SUPORTE AO SPC.....	32
3.3 INTERVENIENTES NO PROCESSO DE SPC.....	33
3.4 CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO CONTROLADAS POR SPC	34
3.5 AUDITORIA ÀS CARTAS DE CONTROLO EM USO.....	36
3.5.1 IDENTIFICAÇÃO DO UNIVERSO	36
3.5.2 DEFINIÇÃO DE REQUISITOS PARA A AMOSTRA	37
3.5.3 SELECÇÃO DA AMOSTRA.....	38
3.5.4 MÉTODO DE AVALIAÇÃO	40
3.5.5 CONDUÇÃO DA AUDITORIA ÀS CARTAS DE CONTROLO.....	41
3.5.6 RESULTADOS	41
3.6 ANÁLISE CRÍTICA AO ESTADO ACTUAL DAS CARTAS DE CONTROLO NA QIMONDA PORTUGAL	46
4 PROPOSTA DE PROCESSO PARA A GESTÃO DAS CARTAS DE CONTROLO NA QIMONDA PORTUGAL	48
4.1 MISSÃO / ÂMBITO	49
4.2 ABREVIACÕES / TERMINOLOGIA.....	49
4.3 RESPONSABILIDADES	50
4.4 REFERÊNCIAS	50
4.5 DIAGRAMA GERAL DE PROCESSO.....	51
4.6 FLUXOS DO PROCESSO	53
4.6.1 FASE 1: <i>PREPARAÇÃO – CRIAÇÃO DE CARTAS-MODELO</i>	53
4.6.2 FASE 2: <i>IMPLEMENTAÇÃO DE NOVAS CARTAS DE CONTROLO</i>	55
4.6.3 FASE 3: <i>MONITORIZAÇÃO DO SISTEMA</i>	57
4.7 MATERIAL DE SUPORTE.....	59
4.8 ELEMENTOS DO PROCESSO	59
4.8.1 ENTRADAS.....	59

4.8.2	RESULTADOS	59
4.8.3	RECURSOS	59
4.8.4	CONTROLO DE PROCESSO	60
4.8.5	MEDIDAS EM CASO DE DESVIOS NO PROCESSO.....	61
4.9	CONCLUSÃO	61
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTURO	62
6	BIBLIOGRAFIA.....	64
7	ANEXOS.....	65
	ANEXO A - PD0049621 – Gestão De Cartas De Controlo Estatístico De Processo.....	66
	ANEXO B - Tabelas de Constantes para a Construção de Cartas de Controlo.....	85
	ANEXO C - Lista de Características Controladas em Cada Área De Processo no Sistema De SPC da Qimonda Portugal.....	88
	ANEXO D - Lista de Requisitos de Referência Para o Bom Serviço de uma Carta de Controlo	90
	ANEXO E - Checklist de Auditoria às Cartas de Controlo.....	94

Índice de Figuras

Figura 1 – A presença global da Qimonda AG.	3
Figura 2 – A estratégia de diversificação do portfólio da Qimonda.....	4
Figura 3 – Perspectiva geral das instalações Qimonda Portugal.	4
Figura 4 – O Modelo de Excelência da EFQM..	9
Figura 5 – A rede de processos da Qimonda.	11
Figura 6 – O processo <i>Vision to Plan</i> e os seus sub-processos.	12
Figura 7 – O processo <i>Market to Business</i> e os seus sub-processos.	12
Figura 8 – O processo <i>Idea to Product</i> e os seus sub-processos.	12
Figura 9 – O processo <i>Demand to Cash</i> e os seus sub-processos.	13
Figura 10 – O processo <i>Finance & Accounting</i> e os seus sub-processos.....	13
Figura 11 – O processo <i>Human Resources</i> e os seus sub-processos.	13
Figura 12 – O processo <i>Purchasing</i> e os seus sub-processos.....	14
Figura 13 – O processo <i>Infrastructure Management</i> e os seus sub-processos.....	14
Figura 14 - As quatro áreas de responsabilidade na gestão de processos na Qimonda.....	15
Figura 15 – Modelo de processo adoptado pela Qimonda.	15
Figura 16 – Ilustração da diferença entre causas comuns e causas especiais de variação.	18
Figura 17 – A distribuição normal, a sua média μ e o seu desvio padrão s	19
Figura 18 – Ilustração de uma carta de controlo de médias (\bar{X})	21
Figura 19 – Ilustração de uma carta de controlo de amplitudes (R)	22
Figura 20 – Curva característica operacional para o teste normal com $\alpha = 0,05$	26
Figura 22 – Ilustração do sistema de controlo de processo na Qimonda Portugal.....	30
Figura 23 – Estrutura de dados de SPC no SPACE.....	32
Figura 42 – Fase 1: Preparação – Criação de cartas-modelo.....	51
Figura 43 – Fase 1: Preparação – Criação de cartas-modelo.....	51
Figura 44 – Fase 1: Preparação – Criação de cartas-modelo.....	53
Figura 45 – Fase 2: Implementação de novas cartas de controlo.	55
Figura 46 – Fase 3: Implementação de novas cartas de controlo.	57

Índice de Figuras

Tabela 1 – Regras mais comuns utilizadas para o aumento da sensibilidade das cartas de controlo. ...	27
Tabela 2 – Número de Canais de SPC existentes por área de processo.....	37
Tabela 3 – Número de Cartas de Controlo a seleccionar para a amostra por área de processo.....	38
Tabela 4 – Lista dos produtos de volume mais elevado e mais reduzido segundo o Relatório Operacional da Qimonda Portugal em 22-Abr-2008.	38
Tabela 5 – Lista de Cartas de Controlo seleccionadas para a amostra.	39
Tabela 6 – Lista de itens com melhor resultado.	45
Tabela 7 – Lista de itens com pior resultado.	46
Tabela 8 – Tabela de abreviações e terminologia do processo.	49
Tabela 9 – Tabela de responsabilidades das funções intervenientes no processo.	50
Tabela 10 – Tabela de referências a outros documentos.....	50
Tabela 11 – Descrição de tarefas, resultados e responsabilidades de todos os passos do processo da Fase 1.	54
Tabela 12 – Descrição de tarefas, resultados e responsabilidades de todos os passos do processo da Fase 2.	56
Tabela 13 – Descrição de tarefas, resultados e responsabilidades de todos os passos do processo da Fase 3.	58
Tabela 14 – Lista de material de suporte (checklists, documentos, etc.).....	59
Tabela 15 – Descrição das entradas do processo e dos requisitos necessários para atingir os resultados.	59
Tabela 16 – Descrição detalhada dos resultados do processo e dos requisitos dos seus clientes.	59
Tabela 17 – Descrição do conhecimento e experiência requeridos às pessoas que participam na realização do processo.....	60
Tabela 18 – Descrição detalhada do tipo (p.e. materiais, área de trabalho, ferramentas, etc.) e dos requisitos (p.e. precisão, manutenção, calibração, etc.) dos meios que são necessários para atingir os resultados pretendidos.	60
Tabela 19 – Descrição detalhada dos indicadores quantitativos usados para avaliar os resultados do processo em função dos requisitos dos clientes (eficácia).	60
Tabela 20 – Descrição detalhada dos indicadores quantitativos usados para avaliar a eficiência do processo (p.e. custos, tempo, etc.).....	60
Tabela 21 – Descrição detalhada das medidas que o utilizador do processo deve tomar em caso de desvios (gestão de risco).	61

Resumo

A ‘excelência operacional’ é uma das dimensões fundamentais da Missão da Qimonda Portugal. Na perseguição desse objectivo, a empresa integra no seu Sistema de Qualidade diversas ferramentas de suporte ao controlo de processo, privilegiando as abordagens preventivas e preditivas para a garantia da qualidade do produto final. Dentro destas ferramentas, o Sistema de Controlo Estatístico de Processo, e em particular as cartas de controlo, desempenham uma função de especial relevo. Mas para que as cartas de controlo desempenhem eficazmente o seu papel, é necessário que estejam correctamente configuradas em cada momento, o que obriga a um esforço de parametrização, monitorização e actualização constantes.

O drástico crescimento do número de cartas de controlo em uso – actualmente na ordem das dezenas de milhar – decorrente da estratégia agressiva adoptada na Qimonda de diversificação do seu portfólio de produtos, obrigava a uma alteração da abordagem ao problema da implementação de novas cartas de controlo e da sua manutenção. Nova abordagem que implicaria, necessariamente, o abandono das acções casuísticas ao sabor das necessidades de cada momento, substituindo-as pela implementação de procedimentos sistemáticos, suportados por ferramentas adequadas e específicas para o efeito.

Este trabalho endereça, precisamente, esse desafio: a documentação e implementação de um processo de gestão de cartas de controlo na Qimonda Portugal.

O trabalho inclui uma resenha breve dos temas teóricos em que o trabalho se enquadra. É apresentado o tema da gestão orientada para os processos, com um pequeno resumo histórico da sua evolução, com a discussão da sua utilidade, com a apresentação dos seus modelos, e discutindo a forma como a Qimonda integra esses modelos nas suas práticas de gestão. Faz-se também um resumo da teoria estatística subjacente ao conceito de cartas de controlo estatístico de processo, explicando-se o seu modo de funcionamento e os aspectos mais relevantes da sua parametrização.

Efectuou-se também um levantamento do estado das cartas de controlo em uso na Qimonda, com o objectivo de recolher dados objectivos para a identificação dos pontos mais fortes e das oportunidades de melhoria da estrutura existente, informação de base essencial para o projecto em causa. Dado o elevado número de cartas, esse levantamento foi feito através de uma auditoria a uma amostra representativa de todas as áreas de processo, da qual se explica a metodologia utilizada e se apresentam e discutem os resultados obtidos.

O seu resultado mais importante é, sem dúvida, a proposta do processo para a gestão das cartas de controlo na Qimonda Portugal. Para o efeito foi usado o modelo de descrição de processo já adoptado pela empresa, sendo explicadas detalhadamente as suas actividades e os respectivos fluxos, bem como as suas entradas, os seus resultados, os recursos envolvidos e os métodos de controlo da sua eficácia e da sua eficiência. Este é um processo que tem um carácter inovador ao nível global da corporação, dado que nenhuma outra fábrica tem definida uma aproximação estruturada na gestão do seu universo de cartas de controlo, pelo que os benefícios decorrentes da sua implementação poderão depois ser estendidos ao resto da organização.

Abstract

The ‘operational excellence’ is one of the most important dimensions enclosed in the Qimonda Portugal’s Vision. In its pursue, the company integrates within its Quality System several tools to support the process control activities, giving particular importance to those that have a preventive or predictive approach towards the product’s quality assurance. Within these tools, the Statistical Process Control, and particularly the control charts, play a especially relevant role. But, so that the control charts can actually perform effectively, it is necessary that they are adequately configured at each point in time, which implies a continuous effort of monitoring and updating their setup.

The dramatic increase in the number of control charts in use at the company – currently several dozens of thousands – imposes a change in the approach towards the implementation of new control charts and their maintenance. And this new approach must imply, necessarily, a move from the acting in an unplanned manner according to the urgent needs, to a structured way of performing those tasks, based on clearly defined procedures and supported by specific tools.

This project addresses precisely that challenge: the definition and implementation of a process to manage the control charts in Qimonda Portugal.

There is an initial summary of the theoretical themes related to the work developed. It starts with a brief presentation to the business process management topic, discussing its recent history, its most important advantages, its models, and its usage within Qimonda’s management practices. Then there is a succinct explanation of the statistical background behind the control charts’ concept, followed by a short description of how they work and the essential aspects of their setup.

Then there is an analysis of the current condition of the control charts in use at Qimonda, focussed on their configuration, and with the aim of collecting objective data that would allow to identify the strengths and the opportunities for improvement presently held by the system. This information would then serve as a basis for the design of the management process to be developed. Due to the very large number of control charts in use, this analysis was done by performing an audit to a sample of control charts from the several process areas. The methodology followed to realize the audit is explained in detail, and then the results are presented and discussed.

Finally, the proposed process for the management of control charts in Qimonda Portugal, the main objective of this project, is presented. For that purpose, the model used was necessarily the same that had already been adopted by Qimonda Portugal for the description of the other processes within its process framework. All the activities that it encloses are thoroughly explained, as well as its flows, its inputs, its outputs, the resources needed and the methods proposed to control the effectiveness and the efficiency of the process.

1 Introdução

Este projecto foi realizado no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica na Faculdade de Engenharia do Porto. O seu tema incide sobre o Sistema de Controlo Estatístico de Processo da Qimonda Portugal, e mais especificamente sobre as Cartas de Controlo de Processo dele constantes.

1.1 O problema em análise

O sistema de Controlo Estatístico de Processo é uma das ferramentas chave de suporte à garantia da qualidade do produto na Qimonda Portugal. Dentro deste sistema, as cartas de controlo desempenham um papel central na recolha de dados e no suporte à avaliação em tempo real do processo. Para que elas desempenhem eficazmente o seu papel, é necessário que estejam correctamente configuradas em cada momento. Note-se que algumas destas configurações são dinâmicas, devendo acompanhar e adaptar-se à evolução do próprio processo a que estão ligadas, o que obriga a um esforço permanente de monitorização e actualização de cada carta de controlo até ao seu fim de vida.

O número de cartas de controlo existentes actualmente na Qimonda é da ordem das dezenas de milhar. O rápido aumento do número de cartas de controlo em uso, decorrente de uma diversificação drástica do portfólio de produtos, acompanhada de um crescimento assinalável da capacidade instalada (com consequente aumento do número de equipamentos), obriga a uma alteração da abordagem ao problema da implementação de novas cartas de controlo e da sua manutenção. Esta nova abordagem deve implicar o abandono das acções casuísticas, baseadas na detecção, por diversos meios, de erros grosseiros nas cartas de controlo, substituindo-as pela implementação de um processo sistemático suportado por ferramentas adequadas e específicas para o efeito.

O objectivo deste projecto é precisamente a definição, documentação e implementação deste processo de gestão das cartas de controlo na Qimonda Portugal.

1.2 Apresentação da Qimonda

Os semicondutores, também designados por circuitos integrados, são elementos chave no fabrico de uma grande variedade de produtos electrónicos que hoje em dia se usam para adquirir, processar, armazenar e transmitir informação. Para além do tradicional uso no fabrico de computadores, hoje em dia eles têm uma aplicação muito mais vasta, sendo usados nos mais diversos equipamentos electrónicos que se banalizaram na vida da sociedade actual, de que são exemplos os telemóveis, as máquinas fotográficas digitais, as televisões digitais e as consolas de jogos electrónicos.

Há três grandes tipos de semicondutores: os processadores, que processam instruções; as unidades lógicas, que recebem, manipulam e transmitem informação; e as unidades de memória, que armazenam dados. Um aparelho electrónico contém normalmente uma combinação destes três tipos de componentes.

- A Qimonda dedica-se ao último tipo de semicondutores referido, as unidades de memória.
- As unidades de memória dividem-se em três grandes grupos:
- *Dynamic Random Access Memory*, ou DRAM, são as memórias voláteis mais comuns. Uma unidade de memória volátil só retém a informação enquanto está

ligada à corrente, enquanto que uma memória não-volátil a mantém mesmo depois de desligada da alimentação. As memórias DRAM oferecem elevadas densidades de armazenamento a baixo custo, com uma grande rapidez de acesso aos dados e um tempo de vida das unidades praticamente ilimitado;

- As memórias *Flash*, são memórias não voláteis que também oferecem elevadas densidades a baixo custo, mas com velocidades de acesso mais reduzidas e um tempo de vida mais limitado;
- *Static Random Access Memory*, ou SRAM, que são memórias que oferecem baixas densidades e custos relativamente mais elevados, mas que têm velocidades de acesso muito rápidas e uma duração também virtualmente ilimitada.

A Qimonda aposta hoje essencialmente nas memórias DRAM, embora mantendo algumas actividades de I&D na área das memórias Flash. O mercado mundial de DRAM representou em 2007 cerca de 38 biliões de dólares.

Os fabricantes de memórias podem vender os seus produtos na forma de *chips* (pequenos elementos em silício em que as memórias são construídas), como componentes de memória (que são chips embalados numa protecção normalmente em plástico e com contactos metálicos no exterior que permitam a sua posterior ligação a um sistema) ou como módulos de memória (que são placas de circuito impresso onde se montam diversos componentes de memória, normalmente de quatro a trinta e seis).

A fabricação na área dos semicondutores é uma fabricação de capital intensivo, com custos fixos muito substanciais associados às suas fábricas e equipamentos. Isto acontece devido aos requisitos muito exigentes das suas áreas de fabricação quando comparadas com as indústrias tradicionais e à tecnologia de ponta envolvida no fabrico dos equipamentos. Para além do mais, dada a rápida evolução dos produtos nesta área de negócio, os fabricantes vêm-se obrigados a depreciar os equipamentos em períodos curtos, o que eleva ainda mais esta factura.

O fabrico de componentes de memórias divide-se em dois grandes passos, designados por processo de *front-end* (FE) e processo de *back-end* (BE).

No processo de *front-end*, constroem-se os circuitos electrónicos em discos de silício de 200 ou 300 mm de diâmetro, designados por *wafers*. Em cada *wafer* são construídos os circuitos electrónicos que formam os chips de memória (algumas centenas por *wafer*), num processo que envolve centenas de passos de fabricação sucessivos. O processo completo demora cerca de dois meses a concluir, num ambiente de sala limpa em que a temperatura, a humidade e a contaminação por partículas são controladas com grande precisão. Devido às geometrias de dimensões muito reduzidas em que se trabalha (da ordem dos nanómetros) os materiais, os equipamentos e as técnicas empregues são altamente especializadas e complexas.

Como se disse, o fluxo completo é extremamente extenso e envolve centenas de passos distintos, baseando-se essencialmente em quatro tipos de transformações no produto: processos de deposição de óxidos na superfície das *wafers*; processos fotolitográficos, que utilizam materiais sensíveis à luz (*photoresist*), uma máscara com um determinado padrão e uma fonte de luz, para imprimir os circuitos desejados sobre as camadas de óxidos; processos *Etching* para remoção dos óxidos não cobertos pelo *photoresist*; e processos de implantação de iões, usados para dopar zonas específicas das *wafers*, o que vai permitir o funcionamento dos transístores nelas criados. As *wafers* visitam estes processos ciclicamente centenas de

vezes para construir a complexa estrutura que constitui o circuito completo dos chips de memória.

No processo de *back-end*, as *wafers* começam por ser cortadas para individualizar as centenas de chips que cada uma contém. Depois, estes são colocados em suportes específicos que contêm os pinos de conexão que vão permitir a sua posterior ligação. Por fim, e para concluir a transformação física, são encapsulados com uma cobertura plástica para protecção mecânica. Depois disso, os componentes são extensivamente testados para confirmar a sua boa performance eléctrica. No final deste processo, podem seguir um de dois destinos: ou são vendidos individualmente como componentes de memória ou são montados em placas de circuito integrado para formarem os módulos de memória. Estes próprios são novamente testados e então finalmente vendidos.

A Qimonda Portugal é uma fábrica de *back-end* da Qimonda AG. A Qimonda AG tem as suas raízes na Siemens Semicondutores, empresa que já estava envolvida em actividades de I&D na área de semicondutores desde 1952, quatro anos depois da invenção do transistor. A Siemens em 1999 passou todo o seu grupo de semicondutores para a Infineon Technologies AG, sua empresa subsidiária. A Infineon, por sua vez, decidiu tornar o seu ramo de *Memory Products* uma empresa independente, lançando em 2006 uma OPI (oferta pública inicial de acções ordinárias) na bolsa de Nova York, nascendo assim a Qimonda AG.

A Qimonda é hoje uma empresa líder na área de memórias DRAM, sendo o terceiro maior fabricante mundial. A organização incorpora cerca de 13 500 colaboradores em todo o mundo, dos quais cerca de 1 700 estão ligados a actividades de I&D em 6 locais diferentes, tendo instalações de manufactura na Europa, América do Norte e Ásia. Esta presença global da Qimonda é ilustrada na Figura 1.



Figura 1 – A presença global da Qimonda AG.

Mantendo uma forte presença no mercado de DRAM *standard* para computadores de secretária e portáteis, a Qimonda tem apostado crescentemente nos produtos de DRAM especializados, de mais alto valor acrescentado, orientados para os mercados das aplicações gráficas, telecomunicações, infra-estruturas e aplicações de consumo. Esta estratégia fica bem patente nos dados apresentados na Figura 2.

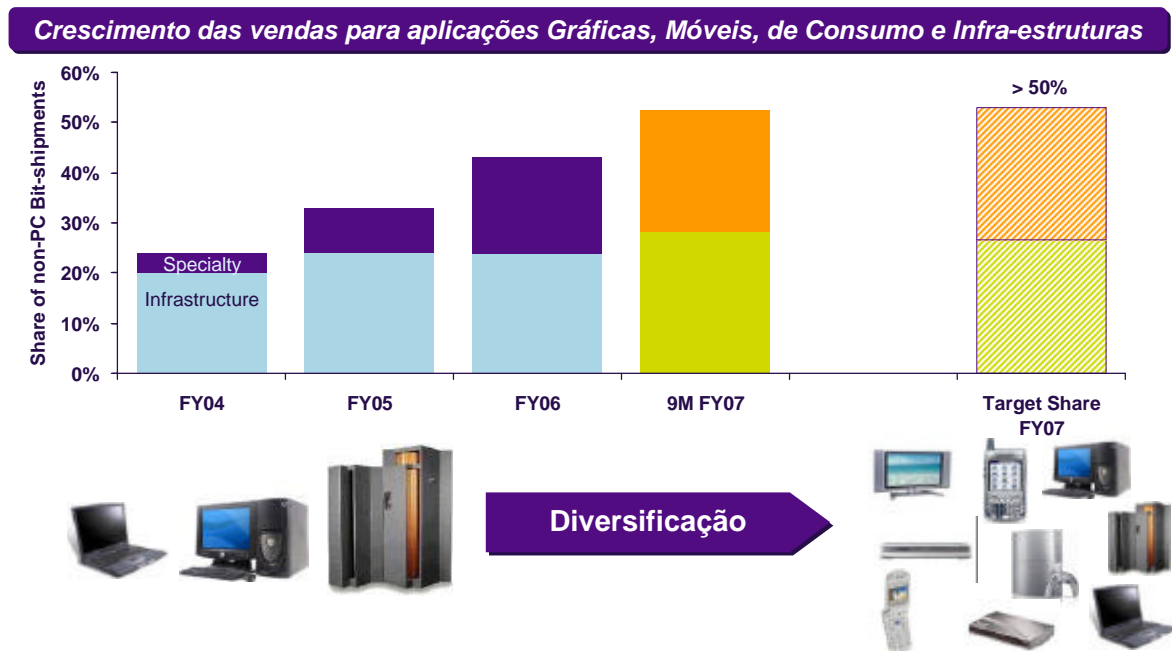


Figura 2 – A estratégia de diversificação do portfólio da Qimonda.

A Qimonda Portugal foi fundada em 1996 tendo iniciado laboração no ano seguinte. Como fábrica de back-end é a maior do grupo Qimonda AG, sendo a maior fábrica de montagem e teste de produtos de memória na Europa. Incorpora um investimento acumulado de cerca de 700 milhões de euros (segundo maior investimento estrangeiro em Portugal) tendo 220 000 m² de área de implantação, 15 500 dos quais respeitantes a áreas de produção. Emprega mais de 2 000 colaboradores, tendo atingido a posição de maior exportador nacional no primeiro semestre de 2007. Actualmente, cerca de 5% da produção mundial de componentes de memória DRAM é montada e testada na Qimonda Portugal. A Figura 3 apresenta uma perspectiva geral das suas instalações em Vila do Conde.

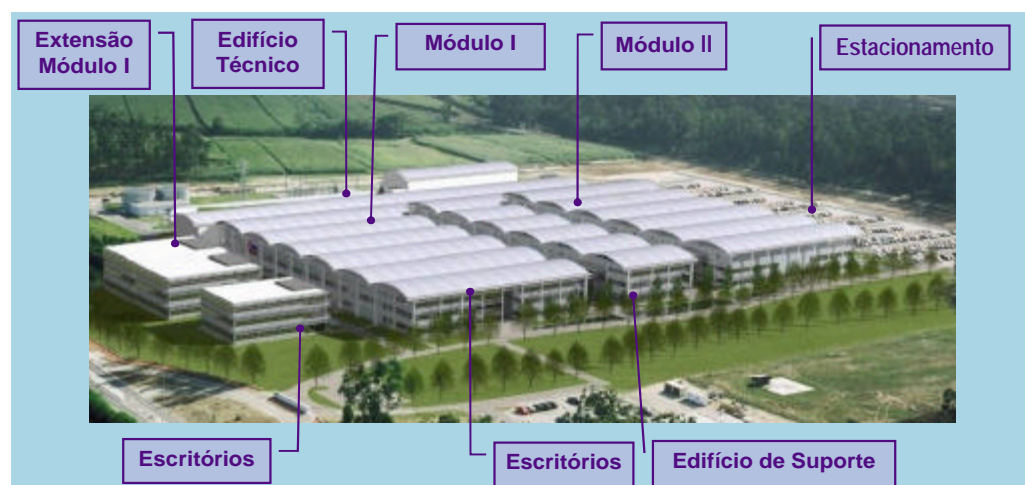


Figura 3 – Perspectiva geral das instalações Qimonda Portugal.

1.3 Estrutura do documento

O presente relatório apresenta-se dividido em cinco capítulos, que se descrevem sucintamente de seguida.

No Capítulo 1 – *Introdução* – é feita uma breve descrição do problema discutido ao longo do trabalho: a definição de um processo para a gestão das cartas de controlo estatístico na Qimonda Portugal. Segue-se uma apresentação da empresa, com uma breve introdução à área de negócio a que pertence e enquadrando-a na estrutura global da Qimonda AG. Termina-se com uma explicação da estrutura do presente documento.

No Capítulo 2 – *Enquadramento Teórico* – faz-se uma resenha breve dos temas teóricos em que este trabalho de projecto em empresa se enquadra. De início, é apresentado o tema da gestão orientada para os processos. Faz-se um pequeno resumo histórico da sua evolução, discutindo de seguida com maior detalhe o modelo da *European Foundation for Quality Management*, um dos que obteve maior aceitação internacional nesta área e que foi seguido pela Qimonda. Termina-se com uma breve explicação da forma como a Qimonda integra estes modelos nas suas práticas de gestão. Segue-se um pequeno resumo da teoria estatística subjacente às cartas de controlo estatístico de processo, incluindo uma explicação do seu modo de funcionamento e uma breve discussão dos aspectos mais relevantes da sua parametrização

No Capítulo 3 – *Caracterização do estado actual das Cartas de Controlo na Qimonda Portugal* – apresenta-se um levantamento do estado geral das cartas de controlo estatístico do processo à data de realização deste trabalho. Começa por se fazer um enquadramento geral das cartas de controlo dentro no sistema de controlo de processo da empresa. Segue-se uma explicação da forma como o sistema de controlo estatístico está estruturado, incluindo a identificação das características controladas, a identificação dos intervenientes no processo e uma apresentação da ferramenta informática que o suporta – o SPACE. Termina-se com a descrição de uma auditoria levada a cabo para avaliar o estado das cartas de controlo em uso na Qimonda Portugal, com a respectiva discussão de resultados.

No Capítulo 4 – *Proposta de processo para a gestão das cartas de controlo na Qimonda Portugal* – apresenta-se o processo proposto com vista a otimizar a eficácia e a eficiência das actividades de gestão (criação, monitorização, actualização) das cartas de controlo na empresa. O *design* do processo segue o modelo já adoptado pela Qimonda, contemplando a apresentação do seu diagrama geral e a descrição detalhada de todos os seus elementos, incluindo os fluxos das actividades nele incluídas, as entradas, os resultados, os recursos, e o controlo do processo.

No Capítulo 5 - *Conclusões e sugestões para trabalho futuro* – apresentam-se as conclusões finais deste trabalho e fazem-se algumas sugestões para o desenvolvimento de trabalho futuro neste âmbito na Qimonda Portugal.

2 Enquadramento teórico

2.1 Modelos de Gestão por Processos

Hoje em dia o conceito de *processo* é primordial numa gestão moderna. Este conceito tem uma individualidade própria e já passou por quatro fases nas últimas três décadas:

- A primeira foi a época do *Total Quality Management* (TQM), que começou nos anos 80, e em que a noção da Qualidade passou a ser fundamental para os negócios;
- A segunda foi a dos processos de *Reengenharia*.

Estas duas fases têm como objectivo comum gerir os processos no seio da empresa de forma a obter uma excelência operacional, permitindo atingir uma maior qualidade a um preço inferior.

Seguiram-se-lhes as terceira e quarta fases:

- Na terceira as empresas começaram a usar a gestão por processos, sobretudo para a optimização de algumas actividades operacionais mais relevantes;
- Na quarta fase, a gestão por processos passou a ser a ferramenta base de toda a gestão, não apenas ao nível operacional mas também a nível estratégico.

Estas duas têm sempre de ser consideradas em conjunto, uma vez que para chegar à quarta fase com sucesso é necessário ter passado pela terceira.

Primeira fase – Qualidade

É a fase do TQM (Total Quality Management) que se focava no estabelecimento de processos sistemáticos de melhoria contínua nas organizações e que teve grande desenvolvimento nos anos 80. Actualmente a febre da Qualidade e das certificações associadas diminuiu reduziu-se, mas continuam a ser fundamentais para garantir a eficácia nas organizações actuais.

É com base nesta vaga que surge a ideia, hoje consensual, de que a empresa tem que se focar na criação de valor para os seus clientes. Este objectivo é perseguido pela melhoria dos seus processos de negócio, tornando-se mais clara a distinção entre eficiência (ligada ao custo) e eficácia (ligada à qualidade e satisfação do cliente).

Segunda fase – Reengenharia

Teve o seu auge nos anos 90, tendo estado muito ligada ao grande desenvolvimento das ferramentas informáticas e sendo muito focada na redução de custos. A maioria dos especialistas actualmente pensa que se foi demasiado longe, criando problemas graves a muitas empresas (embora tenha sido benéfica para algumas).

A Reengenharia tem a ver com a melhoria dos processos organizacionais pelo recurso a todas as potencialidades das novas tecnologias da informação, que contribuíram para uma grande melhoria dos fluxos de informação tanto dentro das organizações e como entre organizações. Obrigou as empresas a repensarem o seu desempenho, com grande enfoque na vertente inter-departamental, procurando encontrar sinergias dentro de si próprias. Várias empresas

acabaram por se colocar em situações bastante difíceis, por terem olhado para este processo simplesmente como uma forma de diminuir custos por redução de pessoal. Perderam assim alguns talentos para a concorrência e enfrentaram oposições por parte dos seus próprios colaboradores, do Estado e da sociedade em geral.

Ainda hoje e em qualquer empresa continua a ser fundamental melhorar o desempenho da organização através de uma utilização adequada das tecnologias da informação, embora hoje já pouco se fale de Reengenharia.

Terceira fase – Orientação para os processos

Para que um processo de gestão tenha êxito é necessário que todas as estruturas de gestão se envolvam eficazmente. Com a tradicional forma de organizar e gerir as empresas por departamentos, em que cada um tem objectivos específicos e diferentes dos restantes, ficam a faltar ferramentas de gestão transversais, que permitam avaliar e melhorar a eficiência das actividades inter-departamentais, de que o sucesso da organização global tanto depende. Criam-se relações de poder, hábitos e estruturas que são muito difíceis de alterar, tornando-as resistentes à mudança.

Foi assim que começou a ganhar um grande relevo na gestão moderna das organizações a orientação para os processos. De acordo com a norma *ISO 9000:2000* um *processo é um conjunto de actividades interrelacionadas que transformam entradas em saídas*. Reconhecendo que na produção de qualquer produto ou serviço é sempre necessário desencadear um ou vários processos, nesta nova abordagem defende-se que as organizações devem começar por identificar todos os processos que são inerentes ao seu funcionamento. Depois, para cada um deles é identificado um responsável e são criados indicadores objectivos de performance. Isto permitirá uma melhor coordenação de todos os departamentos neles envolvidos e colocará toda a equipa em busca de objectivos comuns.

O sucesso da sua implementação passava pela garantia de determinados requisitos:

- Gestão do desempenho – é preciso instaurar um sistema que faça com que os gestores intermédios dêem prioridade à criação de valor e que valorizem o trabalho em equipa (intra e inter-departamental);
- Liderança – todos os gestores de topo devem ter responsabilidades tanto ao nível funcional (ou departamental) como ao nível inter-funcional (ou inter-departamental). Só assim se conseguem evitar conflitos ao nível da gestão intermédia;
- Competências – os empregados e trabalhadores da organização deverão estar preparados e motivados para adquirir novos conhecimentos e trabalhar em equipa, seja com elementos superiores ou inferiores hierarquicamente;
- Gestão dos dados – os sistemas de informação na empresa devem estar preparados para disponibilizar e transmitir informação entre departamentos, permitindo uma maior coesão da organização;
- Estrutura – deve ser criada a posição de “dono do processo”. Este terá de ser o dinamizador da transformação em todos os departamentos e a todos os níveis (tem de lhe ser atribuída a autoridade necessária) para que o ‘seu’ processo melhore a sua performance e será responsabilizado pelos resultados.

De acordo com esta filosofia de gestão, caso todos estes pontos sejam levados em consideração, a gestão de processos instalada na empresa pode tornar-se uma força dinâmica que conduzirá a organização no caminho da excelência.

Quarta fase – Estratégia

A quarta fase, apoiada na anterior, nasceu do reconhecimento de que a gestão por processos só será benéfica para a empresa se estes perseguirem objectivos que estejam em linha com a visão estratégica da organização. Por isso, a primeira coisa a fazer antes de iniciar qualquer processo numa organização é saber quais as balizas que a empresa define para si própria. Os processos escolhidos na fase anterior devem ser úteis para satisfazer objectivos estratégicos da empresa.

Assim sendo, nesta fase, a gestão por processos foi integrada com as actividades de gestão estratégica das organizações, que reconheceram que aqueles só seriam realmente uma força condutora para o sucesso caso estivessem integrados com:

- Melhoria do processo estratégico – dar toda a prioridade à melhoria dos processos que têm o maior impacto nos objectivos estratégicos da organização, quer seja a curto, a médio ou a longo prazo; é crítico melhorar o desempenho destes processos;
- Selecção dos mercados – desenvolver processos internos que permitam à empresa identificar os mercados ou nichos que lhe proporcionem maior rendimento;
- Extensão do processo – analisar toda a cadeia de valor do produto ou serviço incluindo os pontos externos, para identificar os pontos críticos e procurar controlá-los;
- Criação de novas oportunidades de negócio – desenvolver os processos de modo a autonomizar funções sempre que isso faça sentido, explorando outras oportunidades de mercado para essas funções, procurando assim novas fontes de lucro.

Actualmente, a integração da gestão por processos com as actividades de planeamento estratégico é uma prática comum à maioria das empresas com performance reconhecida a nível internacional.

2.1.1 O Modelo de Excelência EFQM

Na Europa ganhou grande destaque na área da estratégia empresarial o Modelo de Excelência de EFQM – European Foundation for Quality Management, modelo que se enquadra claramente na ‘quarta fase’ descrita no capítulo anterior.

Este modelo, que visa atingir o estado de excelência na gestão de uma organização, assenta nos seguintes princípios:

- É essencial “ouvir” todas as partes interessadas na organização, desde os fornecedores aos clientes, passando pelos colaboradores, accionistas e pela própria sociedade em que a empresa se encontra inserida;

- É necessário avaliar com detalhe a rede de processos da organização (processos de liderança, processos de gestão de recursos, processos de planeamento, processos de fabrico, etc.) e garantir a sua orientação para os resultados;
- A inovação e a aprendizagem são as molas do progresso de uma organização e têm por isso de ser continuamente formatadas.

O modelo foi idealizado como uma ferramenta de auto-avaliação, com o intuito de permitir às organizações identificar os seus pontos fortes e as áreas de melhoria, ajudando-as a orientar e a definir prioridades para os seus planos de melhoria contínua.

Nesse sentido, ele assenta em nove critérios, que se encontram agrupados como “Meios” (cinco) e “Resultados” (quatro), conforme ilustrado na figura seguinte:

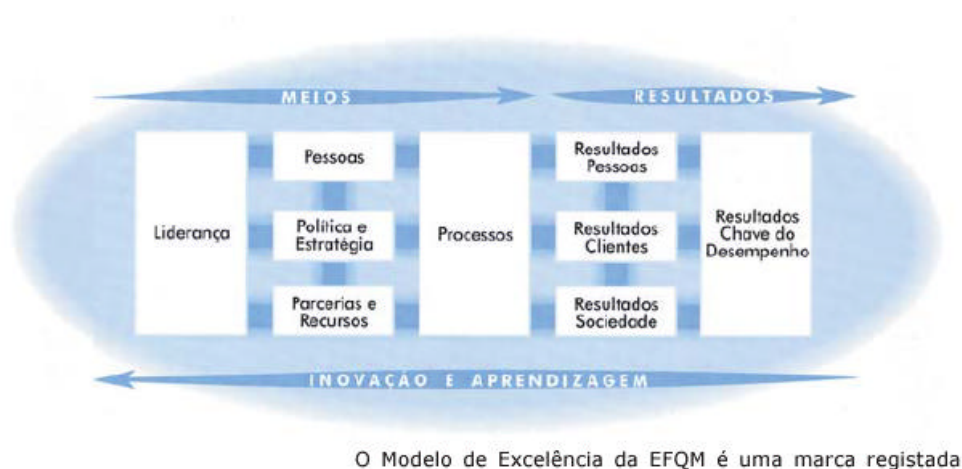


Figura 2 – O Modelo de Excelência da EFQM.

Cada um destes critérios está focado numa área muito específica de gestão de uma organização, conforme se descreve resumidamente em seguida.

Critérios “Meios”

1. Liderança: avalia se os líderes desenvolvem de forma sustentada a Visão, Missão e Valores da organização, e se se envolvem adequadamente no sentido de servir como modelos da cultura de excelência pretendida.
2. Política e Estratégia: verifica se a organização tem implementada uma estratégia clara que suporte a sua Visão e Missão. A política e a estratégia devem assentar em informações factuais de desempenho, devem estar desdobradas através de uma rede de processos chave e têm de ser continuamente revistas, actualizadas, comunicadas e implementadas.
3. Pessoas: analisa de que forma a organização gere o conhecimento. Esta deve desenvolver e aproveitar todo o potencial dos seus colaboradores quer em termos individuais, quer em equipa. O conhecimento deve ser identificado, desenvolvido e sustentado, com o envolvimento e responsabilização de todos. O mérito deve ser reconhecido e recompensado.

4. Parcerias e recursos: avalia como é que a organização, tendo em vista a sua política e estratégia, gere as suas parcerias externas e os seus recursos internos, incluindo recursos financeiros, equipamentos e materiais, tecnologia e conhecimento.
5. Processos: verifica se a organização tem toda a sua rede de processos bem definida para suportar a sua política e estratégia, e se estas estão claramente orientadas para a criação de valor acrescentado a todas as partes interessadas. A sua gestão deve garantir a melhoria contínua, que com base na inovação deve ir de encontro às necessidades e expectativas dos clientes.

CrITÉRIOS “Resultados”

6. Resultados clientes: confirma se a organização mede a sua performance “aos olhos” dos seus clientes externos, e de que forma gere e melhora a sua performance nesta vertente.
7. Resultados pessoas: verifica de que forma a organização mede a sua performance na perspectiva dos seus recursos humanos e como actua no sentido de a melhorar.
8. Resultados sociedade: analisa em que medida a organização se preocupa com a sua relação com a sociedade em que está inserida, ao nível local, nacional e internacional (conforme apropriado) e que indicadores de desempenho tem implementados para o acompanhar.
9. Resultados chave: verifica se a organização tem claramente definidos os seus indicadores-chave de desempenho e como acompanha os resultados alcançados.

Conforme se depreende da descrição dos critérios, este é um modelo de grande amplitude, cuja aplicação envolve todas as dimensões da organização. A auto-avaliação com base neste modelo obriga a organização a avaliar-se relativamente a todas essas dimensões, e a recolher dados factuais de suporte à decisão em todas as áreas da sua gestão. Por outro lado, exigindo a definição da sua rede de processos de uma forma transversal e orientada para o cliente, obriga ao reconhecimento e participação de todos os departamentos na perseguição de objectivos comuns, maximizando o potencial dos recursos pelo reforço do trabalho em equipa.

2.1.2 O sistema para a Gestão de Processos na Qimonda Portugal

Desde o arranque da Qimonda Portugal (QPT) em 1996 que os seus responsáveis decidiram orientar a organização com base nas melhores práticas internacionais ao nível dos modelos de gestão. Nascida então no seio da Siemens Semicondutores, herdou naturalmente da casa-mãe uma cultura fortemente orientada para os princípios de gestão para a Qualidade Total, tendo desde o início um director nomeado para suportar e cimentar o desenvolvimento dessa cultura na organização portuguesa. Foi assim com naturalidade que a direcção da Qimonda Portugal assumiu o modelo EFQM como a ferramenta prática de suporte à pretendida evolução da organização no sentido da Excelência.

É neste enquadramento que desde o arranque da laboração em 1998 que a empresa tem definido o seu Sistema de Gestão de Processos, na altura alinhado pelo da Infineon Technologies AG (empresa que resultou do *spin-off* do ramo de semicondutores da Siemens AG, conforme descrito no Capítulo 1.2).

O Sistema de Qualidade da Infineon, que a Qimonda também adopta, define *processo* como “(...) sequência coerente e repetível de actividades que transforma uma entrada, claramente identificada, num qualquer produto, material ou imaterial, para clientes internos ou externos.

O fluxo do processo consome tempo e recursos.”. De acordo com este sistema, a *rede de processos* representa “(...) os processos de alto-nível e a coerência entre eles”.

A rede de processos da Qimonda Portugal está alinhada com a da Infineon AG, tendo 5 *Core Processes* e 5 *Enabler Processes*, conforme esquematizado na Figura 5.

Os ‘Core Processes’ são processos que influenciam directa e significativamente o sucesso do negócio. A organização é controlada e os resultados relevantes para os clientes são atingidos através desses processos.

Os ‘Enabler Processes’ são os processos dos quais não resultam directamente resultados relevantes para o cliente mas que são essenciais ao funcionamento de uma organização independente. Estes processos contribuem para a manutenção e desenvolvimento dos ‘Core Processes’.

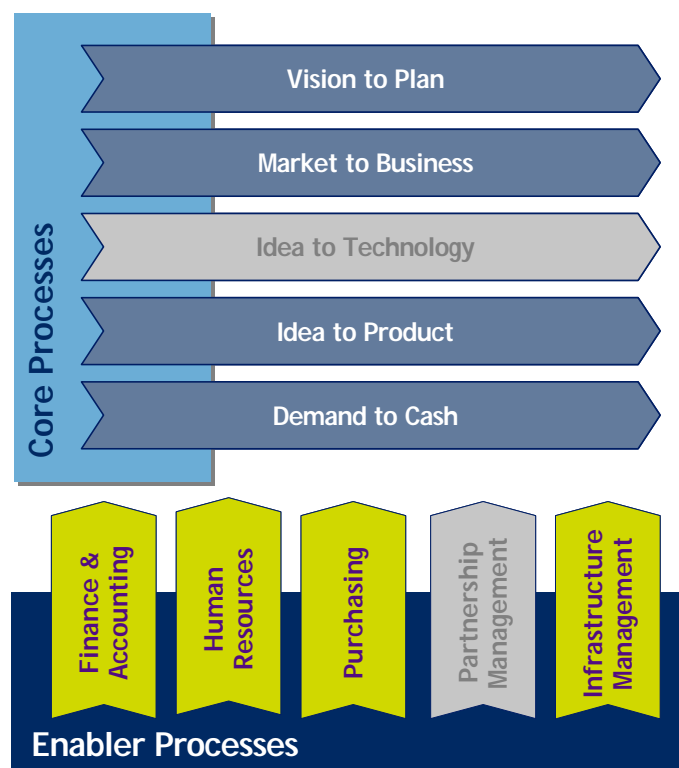


Figura 3 – A rede de processos da Qimonda.

Podendo conter vários sub-processos dentro deles, cada um destes processos tem uma função perfeitamente definida na organização, que se descreve abreviadamente de seguida:

‘Core Processes’

Vision to Plan

O processo Vision to Plan (VtP) descreve a forma como a QPT desenvolve estratégias, define objectivos e planeia e controla os resultados de negócio, de acordo com a sua Visão. Este processo está alinhado como o VtP da corporação, mas considera exclusivamente as actividades locais relacionadas com o planeamento estratégico e o seu desdobramento e controlo.



Figura 4 – O processo *Vision to Plan* e os seus sub-processos.

Market to Business

O processo Market to Business tem o objectivo de atender sistematicamente às expectativas dos clientes, sendo responsável pelo desenvolvimento de tecnologia e de um portfólio de produtos que estejam orientados para o cliente e que moldem o futuro.

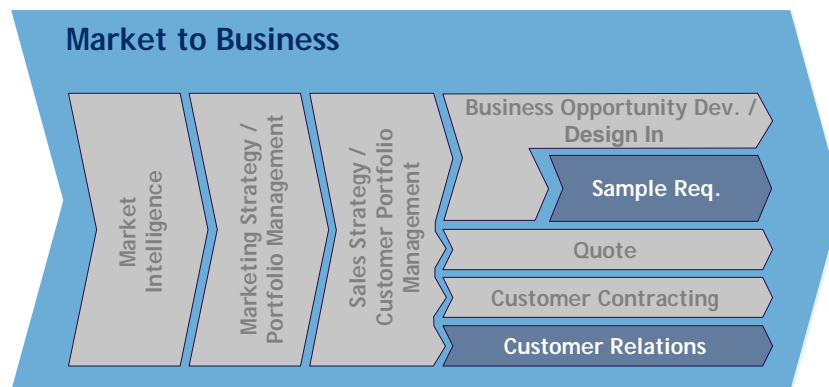


Figura 5 – O processo *Market to Business* e os seus sub-processos.

Deste processo apenas os sub-processos Sample Request e Customer Relations são aplicáveis à QPT. Todos os restantes sub-processos são coordenados pela gestão central da corporação.

Idea to Product

O processo Idea to Product tem como missão garantir a entrega atempada dos produtos de acordo com as necessidades do mercado e dos clientes.

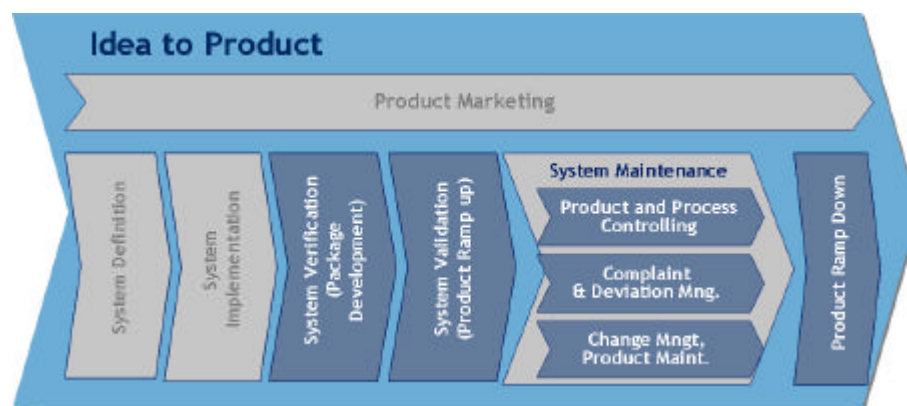


Figura 6 – O processo *Idea to Product* e os seus sub-processos.

Os sub-processos Product Marketing, System Definition e System Implementation são também coordenados centralmente, não sendo aplicados à QPT.

Demand to Cash

O processo Demand to Cash gere a cadeia de fornecimento integrada que suporta a QPT e a QAG no desenvolvimento do negócio, providenciando uma plataforma para a melhoria contínua, com o objectivo de cumprir continuamente com os requisitos do cliente.

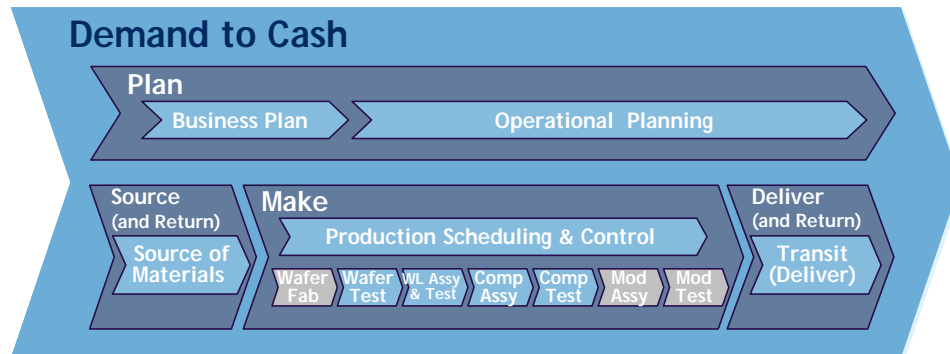


Figura 7 – O processo *Demand to Cash* e os seus sub-processos.

‘Enabler Processes’

Finance and Accounting

O processo Finance & Accounting tem por função mapear a situação económica da QPT e garantir a sua liquidez.

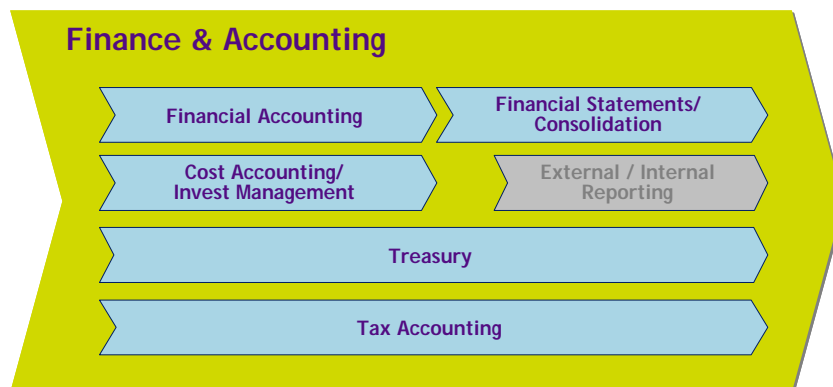


Figura 8 – O processo *Finance & Accounting* e os seus sub-processos.

Human Resources

O processo Human Resources coordena todas as actividades relacionadas com a gestão de recursos humanos, incluindo o planeamento, recrutamento e formação de colaboradores qualificados.

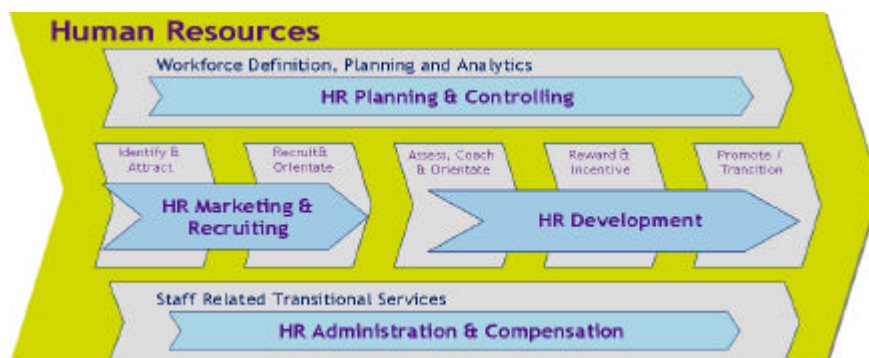


Figura 9 – O processo *Human Resources* e os seus sub-processos.

Purchasing

O processo Purchasing tem por função estabelecer uma rede de fornecedores qualificados, garantindo aos clientes internos o fornecimento de produtos e serviços que cumpram com os seus requisitos a custos otimizados.

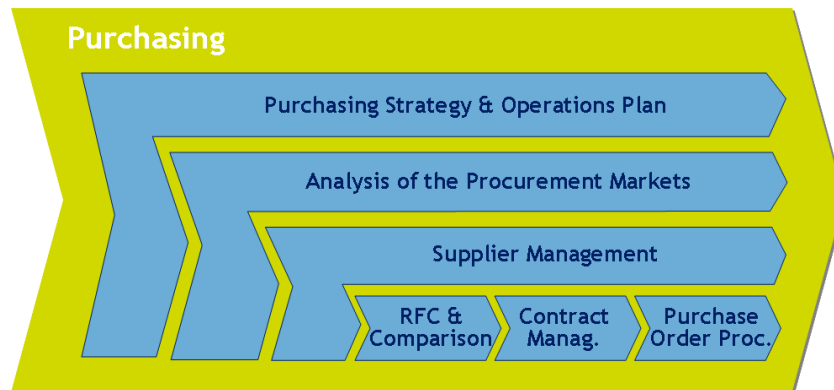


Figura 10 – O processo *Purchasing* e os seus sub-processos.

Infrastructure Management

O processo Infrastructure Management estabelece, mantém e oferece infra-estruturas e serviços a elas associados, para as áreas de tecnologias de informação e gestão e manutenção de edifícios.

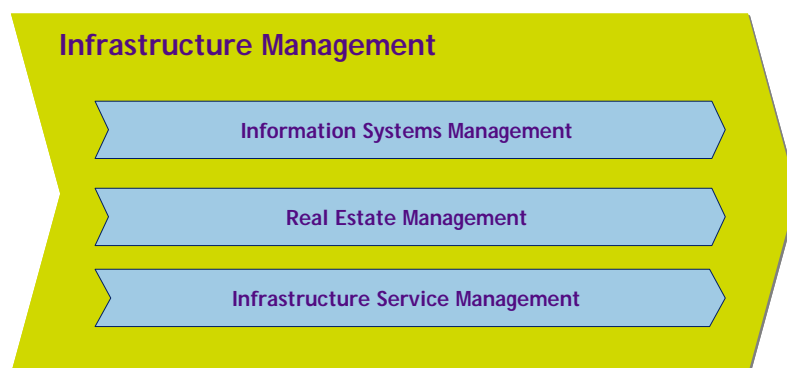


Figura 11 – O processo *Infrastructure Management* e os seus sub-processos.

O *core process* 'Idea to Technology' e o *enabler process* 'Partnership Management' não são aplicáveis à Qimonda Portugal, uma vez que as actividades neles inseridas não são efectuadas ao nível local, sendo coordenadas a nível global pela Qimonda AG (QAG).

No que diz respeito a responsabilidades, estão definidos quatro papéis diferentes, conforme descrito na Figura 14.

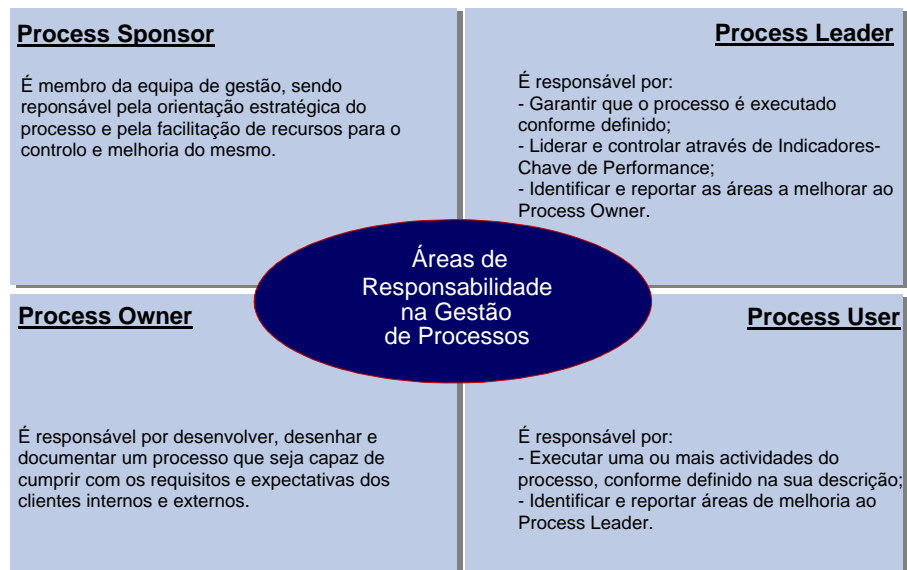
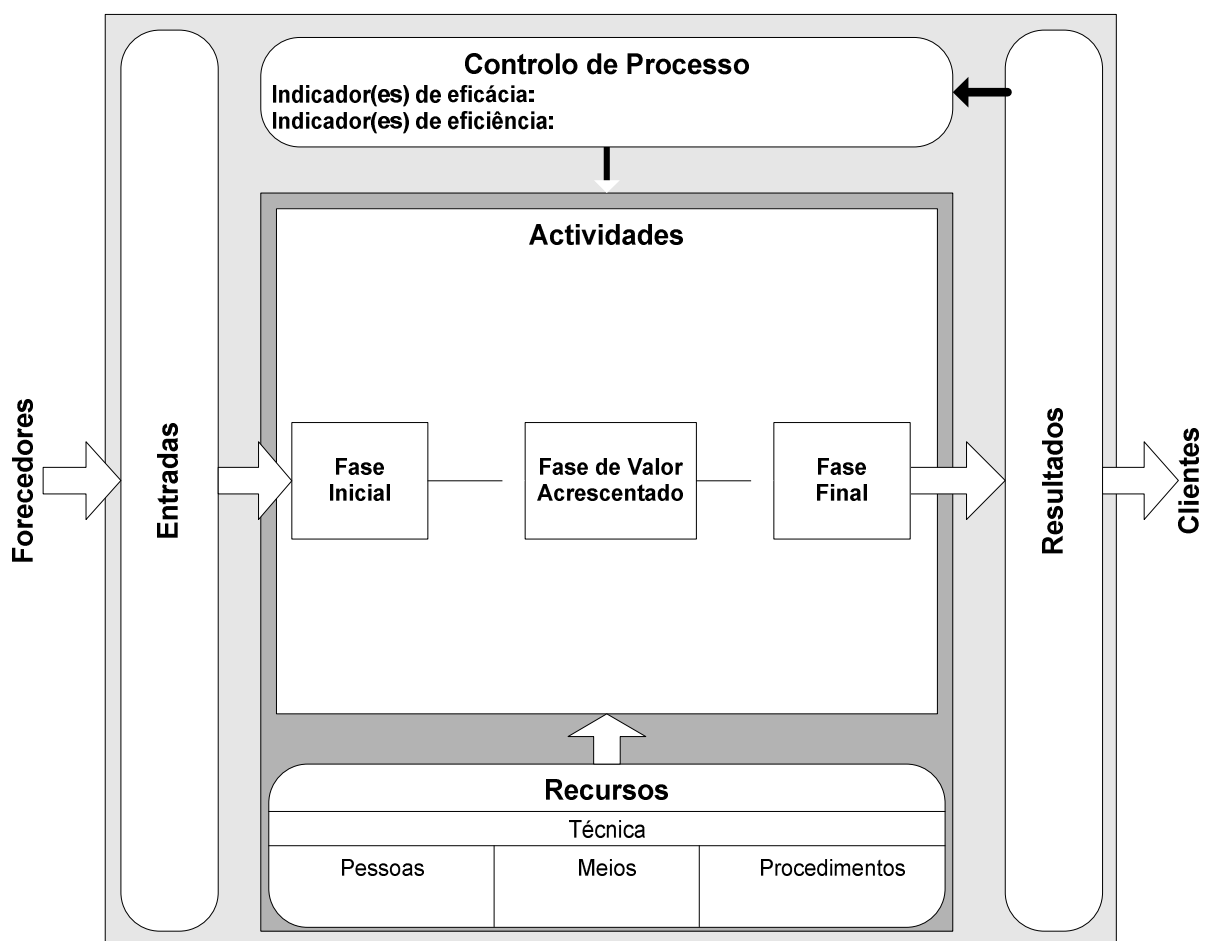


Figura 12 - As quatro áreas de responsabilidade na gestão de processos na Qimonda.

Cada processo é desenhado de acordo com o ‘Modelo de Processo’ adoptado pela Qimonda, que se apresenta na Figura 15.



Para além disso, todos os seus elementos são detalhadamente descritos de acordo com o formato oficial *TE000400 – “Process Description”*. Este formato tem como secções mais importantes:

- *Process Overview* – em que o processo é representado esquematicamente de acordo com o modelo anteriormente discutido.
- *Process Flows* – em que as actividades que constituem o processo são agrupadas por fases, sendo cada uma destas descritas através de um diagrama de fluxo;
- *Support Materials* – em que se apresenta uma listagem dos materiais de suporte usados na gestão do processo (listas de verificação, tabelas de referência, etc.);
- *Process Elements* – em que cada um dos elementos do modelo apresentado no *Process Overview* é descrito com detalhe: Entradas, Saídas, Recursos (Técnicos, Humanos, Físicos, Procedimentais), Controlo do Processo (para a Eficiência, para a Eficácia) e Medidas em Situação de Desvio. Cada processo pode depois conter sub-processos, que serão também definidos através do mesmo modelo, garantindo assim consistência e alinhamento a toda a rede.

É com base na rede de processos de alto nível assim descrita que a Qimonda procura activamente prosseguir no caminho da ‘Excelência Operacional’, o grande objectivo declarado na sua Missão.

2.2 Cartas de controlo de processo num Sistema de Controlo Estatístico de Processo

A Qualidade sempre foi uma dimensão integrante de todos os produtos e serviços em uso na nossa sociedade. No entanto, a nossa percepção dessa dimensão e da sua importância, e consequente desenvolvimento de estratégias e métodos que a permitissem controlar e otimizar, é um fenómeno relativamente recente das sociedades modernas.

Não existe uma definição única para ‘Qualidade’. O conceito foi evoluindo ao longo dos tempos, mas até hoje ninguém foi capaz de propor uma definição que fosse universalmente aceite como a definição de Qualidade. De acordo com a *American Society for Quality*, Qualidade “é um termo subjectivo para o qual cada pessoa tem a sua própria definição”. No entanto, em termos técnicos, e para efeitos de avaliação de produtos ou serviços, há uma componente sempre implícita ao termo Qualidade: o cumprimento de requisitos ou especificações. A *ISO 9000*, que como referência técnica aponta para essa perspectiva, define Qualidade como “grau com que um conjunto inerente de características satisfazem os seus requisitos”.

Facilmente se reconhece que não existe nenhum processo de manufactura capaz de produzir dois produtos exactamente iguais. Dito de outro modo, a variabilidade é algo inerente a todos os processos e consequentemente aos produtos ou serviços deles resultantes. Tendo em vista que assegurar a Qualidade de um produto implica garantir que este cumpre com todas as suas especificações, facilmente reconhecemos na variabilidade um *inimigo* da Qualidade, que por isso importa controlar e minimizar. Ou seja, todas as actividades com vista à minimização da variabilidade são actividades de melhoria da Qualidade.

Para que se possa actuar eficazmente sobre a variabilidade do processo é muito importante conseguir quantificá-la, de modo a que a sua evolução possa ser monitorizada e assim medir a efectividade das acções tomadas. Isto só é possível por recurso à *Estatística*.

A Estatística é a ciência que se ocupa da recolha e tratamento de informação. Tem como objectivo analisar os dados recolhidos, descrevendo-os e organizando-os para posterior interpretação e eventual utilização na previsão de acontecimentos futuros. Divide-se em dois ramos distintos: a Estatística Descritiva, responsável pelo estudo das características de uma dada população; e a Estatística Indutiva, que generaliza um conjunto de resultados, tendo por base uma amostra de uma dada população ou universo, enunciando a(s) consequente(s) lei(s).

No âmbito do controlo de processos industriais tem especial interesse a Estatística Indutiva. O facto de se usar a informação recolhida de uma pequena amostra para tirar conclusões acerca de um universo mais vasto traz grandes vantagens aos métodos de inferência dela constantes. Por um lado, a utilização destes métodos permite uma grande rapidez na análise, o que se revela fundamental para a qualidade da decisão tomada e para a eficácia da acção subsequentemente desenvolvida. Por outro lado, traduz-se numa economia de recursos humanos, técnicos e financeiros quando comparados com outros métodos da caracterização extensiva de populações. Tudo isto sem perda assinalável na qualidade da informação obtida, desde que se garanta que os métodos são usados com conhecimento e rigor.

O Controlo Estatístico de Processo (CEP, ou SPC na versão inglesa) é um conjunto de metodologias que, com base em métodos estatísticos, têm por fim garantir a estabilidade dos processos e maximizar a sua capacidade através da redução sistemática da sua variabilidade. Entre as ferramentas mais importantes do CEP encontram-se os histogramas, os diagramas de Pareto, os diagramas Causa-Efeito e as Cartas de Controlo. É precisamente nestas últimas que este trabalho incide.

2.2.1 Conceitos estatísticos subjacentes ao funcionamento das cartas de controlo

Como se disse, em todos os processos, por mais afinados e controlados que estejam, existe sempre um certo grau de variabilidade. Esta ‘variabilidade natural’ é inerente ao sistema e não é passível de ser eliminada - pode no entanto ser medida e controlada. Nos sistemas de produção industrial é mesmo fundamental que assim aconteça. Só dessa forma é possível que os efeitos dessa variabilidade sejam perfeitamente conhecidos, permitindo verificar se ela é aceitável tendo em vista os requisitos do produto final.

Esta variabilidade inerente aos processos resulta do efeito acumulado de várias pequenas e inevitáveis causas (que se assume serem aleatórias e independentes) que no âmbito do controlo estatístico de processo são designadas por *causas comuns*. Uma característica importante do efeito somado destas causas retira-se da teoria da estatística que nos diz que “uma variável aleatória contínua X segue aproximadamente uma distribuição Normal (...) se for o resultado da soma de um grande número de efeitos provocados por causas independentes, em que o efeito de cada causa é muito pequeno quando comparado com o efeito da soma de todas as outras” (Sarsfield, 2003). Quando num processo em operação a variabilidade presente advém apenas das *causas comuns* diz-se que o processo se encontra em *estado de controlo estatístico* (ou simplesmente *em controlo*).

Ocasionalmente outro tipo de variabilidade pode influenciar o resultado de um sistema, o que em processos industriais poderá resultar por exemplo de desajustamentos dos equipamentos, erros humanos de operação ou defeitos na matéria-prima. Este tipo de causas, que

normalmente produzem um efeito bastante significativo quando comparado com o proveniente das *causas comuns*, designam-se por *causas especiais* ou *assinaláveis*. Quando o efeito destas se faz sentir no resultado de um processo este diz-se como estando em *estado de descontrolo estatístico* (ou *fora de controlo*).

A figura seguinte ilustra a diferença entre os efeitos destes dois tipos de causas de variabilidade.

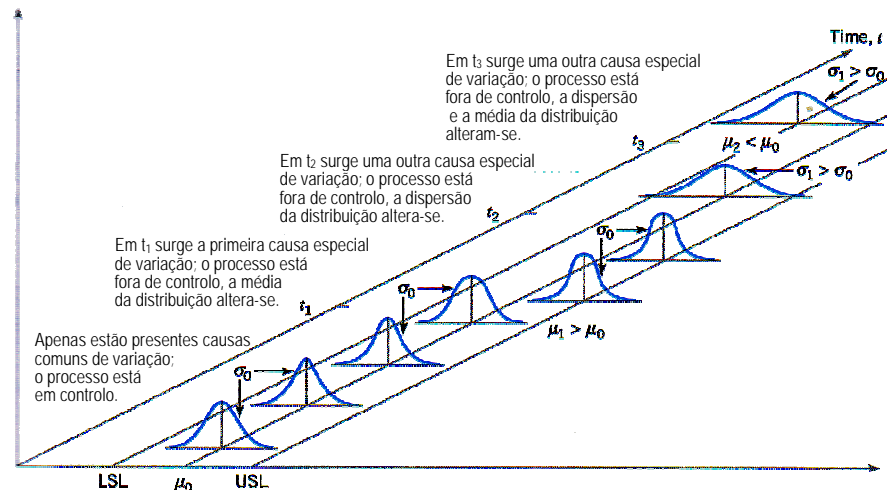


Figura 14 – Ilustração da diferença entre causas comuns e causas especiais de variação.

A função fundamental das cartas de controlo num sistema de controlo estatístico de processo é detectar a ocorrência de *causas especiais de variação* que coloquem um processo *fora de controlo*. Com este conhecimento podem então ser desencadeadas as acções de investigação que permitam identificar essas causas, eliminá-las, e tomar medidas no sentido de evitar que voltem a ocorrer. Conseguirá assim robustecer-se continuamente o processo, diminuindo a frequência com que este deriva para o estado de *descontrolo estatístico*, o que minimizará a variabilidade global dos seus resultados. Estará assim assegurada a melhoria contínua da qualidade do processo.

Existem dois grandes tipos de cartas de controlo:

- Por variáveis: quando a característica a controlar é medida (quantificada), como por exemplo um peso, uma dimensão, uma força, etc.;
- Por atributos: quando a característica a controlar só é avaliada qualitativamente como conforme ou não-conforme perante determinada especificação, como por exemplo a avaliação do diâmetro de um veio através de um calibre passa/não-passa.

Sempre que possível e economicamente viável deve dar-se preferência à implementação de cartas de controlo por variáveis, devido às suas inúmeras vantagens, das quais destacamos:

- Uma medição contém muito mais informação do que uma avaliação qualitativa (por exemplo, é muito mais significativo dizer-se que o diâmetro de uma peça é igual a 1,50cm do que dizer-se simplesmente que o diâmetro está dentro das especificações);

- Embora seja mais caro recolher informações sobre variáveis contínuas, é necessário, em geral, efectuar menos recolhas, pelo que muitas vezes o custo global acaba por ser menor do que controlar por atributos;
- Devido ao facto de se obter mais informação de cada amostra analisada, o tempo para a detecção de um problema e a sua resolução é também menor, dando origem a menores custos de não-qualidade;
- Mesmo que todas as observações individuais estejam dentro das especificações, o comportamento global do processo pode ser analisado, o que é muito importante na busca de soluções que tornem o processo sucessivamente mais robusto.

Neste trabalho apenas serão focadas as cartas de controlo por variáveis, visto que todas as cartas em uso na Qimonda Portugal são deste tipo.

Como referido, se uma variável aleatória for o resultado da soma de efeitos provocados por diversas causas independentes ela seguirá aproximadamente uma distribuição Normal. Isto significa que para conhecer objectivamente o seu comportamento necessitamos de duas informações essenciais: uma medida da localização e uma medida da dispersão dessa distribuição.

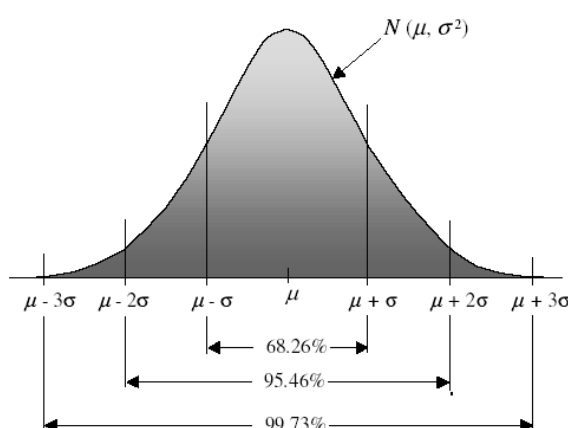


Figura 15 – A distribuição normal, a sua média μ e o seu desvio padrão s .

Assim, no controlo por variáveis são geralmente usadas duas cartas:

- uma para a média que nos dá a conhecer a localização;
- outra para a amplitude ou para o desvio padrão que nos permite seguir a evolução da sua dispersão.

Quando se opta pela amplitude as cartas de controlo são designadas por cartas ' \bar{x}, R ' e no caso do desvio-padrão por ' \bar{x}, s '. Recorde-se que, como ilustrado na Figura 16, uma *causa especial* pode afectar ou a média, ou a dispersão, ou ambos.

Na maioria das aplicações práticas é comum dar-se preferência ao uso da carta de controlo de amplitudes em detrimento da de controlo do desvio padrão. De facto, para dimensões amostrais reduzidas, a estatística demonstra que as duas apresentarão comportamentos muito idênticos, sendo que a carta de amplitudes tem vantagens inegáveis ao nível da facilidade de cálculo e da simplicidade de interpretação. Para amostras de maior dimensão a vantagem da

carta de desvio padrão já se torna mais evidente, sendo que a literatura da especialidade aconselha que para amostras com mais de 10 valores individuais se deve usar antes esta carta.

Na Qimonda Portugal, dado que todo o sistema de SPC é suportado por uma aplicação informática própria, o que dispensa o utilizador da necessidade de efectuar qualquer tipo de cálculo, as cartas ' \bar{x} , s ' são as mais usadas, independentemente do tamanho da amostra. Note-se que é inegável que o desvio padrão contém mais informação sobre uma amostra do que a amplitude, já que utiliza toda a informação que ela contém, ao passo que a amplitude apenas usa de cada amostra o maior e o menor valor.

Para além destes dois tipos básicos de cartas de controlo, existem outros com características próprias mais adaptadas a determinadas situações específicas de utilização, como são os casos das cartas *CUSUM* e *EWMA*, mas que por não serem usados na Qimonda Portugal ficam fora do âmbito deste trabalho e não serão discutidos.

2.2.2 Construção de uma Carta de Controlo

Para a construção de uma carta de controlo por variáveis devem seguir-se os seguintes passos:

1. Recolher e registar os dados segundo a frequência e tamanho de amostra previamente estipulados. Esta recolha inicial deve conter um mínimo de 25 amostras e 100 valores individuais;
2. Calcular a média e a dispersão (amplitude ou desvio-padrão, consoante o caso) para cada uma das amostras;

» Média:
$$\bar{X} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n) / n$$

» Amplitude:
$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

» Desvio-padrão:
$$s = \frac{(\sum (x_i - \bar{X})^2)^{1/2}}{n - 1}$$

Com: x – medida individual; \bar{X} – média dos valores individuais de uma amostra; n – número de medidas individuais em cada amostra; x_{\max} – maior valor individual de uma amostra; x_{\min} – menor valor individual de uma amostra; R – amplitude de uma amostra; s – desvio-padrão de uma amostra.

3. Calcular o centro da distribuição e os limites de controlo para a carta das médias;

» Média das médias:
$$\bar{\bar{X}} = (\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k) / k$$

Com: \bar{X} – média dos valores individuais de uma amostra; $\bar{\bar{X}}$ – média das médias das amostras; k – número de amostras.

Para uma carta \bar{x} , R :

» Média das amplitudes:
$$\bar{R} = (R_1 + R_2 + \dots + R_k) / k$$

» Limite superior de controlo:
$$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R}$$

» Limite inferior de controlo:
$$LIC_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R}$$

Para uma carta \bar{X} , s :

» Média dos desvios-padrão: $\bar{s} = (s_1 + s_2 + \dots + s_k) / k$

» Limite superior de controlo: $LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \cdot \bar{s}$

» Limite inferior de controlo: $LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \cdot \bar{s}$

Com: \bar{X} - média dos valores individuais de uma amostra; $\bar{\bar{X}}$ - média das médias das amostras; R - amplitude de uma amostra; \bar{R} - média das amplitudes das amostras; k - número de amostras; LSC - limite superior de controlo; LIC - limite inferior de controlo; s - desvio-padrão de uma amostra; \bar{s} - média dos desvios-padrão das amostras; A_2 e A_3 são valores constantes definidos a partir das tabelas fornecidas no Anexo B.

4. Calcular os limites de controlo para a carta da dispersão;

Para uma carta \bar{X} , R :

» Limite superior de controlo: $LSC_R = D_4 \cdot \bar{R}$

» Limite inferior de controlo: $LIC_R = D_3 \cdot \bar{R}$

Para uma carta \bar{X} , s :

» Limite superior de controlo: $LSC_s = B_4 \cdot \bar{s}$

» Limite inferior de controlo: $LIC_s = B_3 \cdot \bar{s}$

Com: \bar{R} - média das amplitudes das amostras; \bar{s} - média dos desvios-padrão das amostras; D_4, D_3, B_4 , e B_3 são valores constantes definidos a partir das tabelas fornecidas no Anexo B.

5. Desenhar a carta de controlo das médias com:

- Eixo das ordenadas com a unidade correspondente à unidade de medida da variável a controlar e escala que enquadre os limites de controlo calculados para a carta das médias (com alguma margem, p.e. de $0,85 \times LCL$ a $1,15 \times UCL$);
- Eixo das abcissas simplesmente graduado, sem escala. A cada divisão deste eixo corresponderá os valores de uma nova amostra medida;
- Traçar as linhas (paralelas ao eixo das abcissas) correspondentes às seguintes constantes: $\bar{\bar{X}}$, $LIC_{\bar{X}}$ e $LSC_{\bar{X}}$. A carta deverá então assemelhar-se à apresentada na Figura 18.

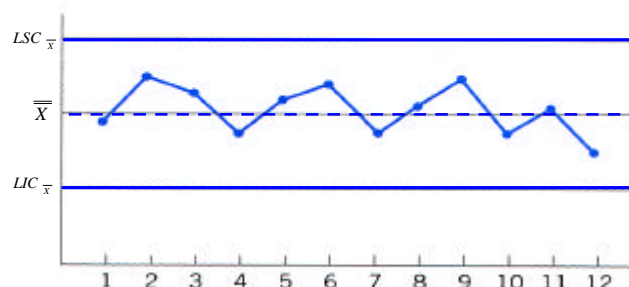


Figura 16 – Ilustração de uma carta de controlo de médias (\bar{X}) .

6. Desenhar a carta de controlo da dispersão com:

- Eixo das ordenadas com a unidade correspondente à unidade de medida da variável a controlar e escala que enquadre os limites de controlo calculados para a carta da dispersão (com alguma margem, p.e. de $0,85 \times LCL$ a $1,15 \times UCL$);
- Eixo das abcissas simplesmente graduado, sem escala. A cada divisão deste eixo corresponderá os valores de uma nova amostra medida;
- Traçar as linhas (paralelas ao eixo das abcissas) correspondentes às seguintes constantes: \bar{R} , LIC_R e LSC_R no caso de uma carta de amplitudes ou \bar{s} , LIC_s e LSC_s no caso de uma carta de desvios-padrão. Na Figura 17 ilustra-se a apresentação típica de uma carta de controlo de dispersão (a de amplitudes no caso apresentado, mas que é em tudo idêntica a uma carta de desvios-padrão).

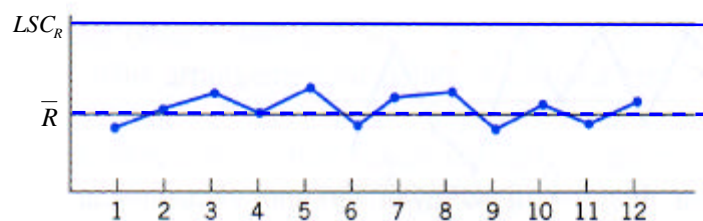


Figura 17 – Ilustração de uma carta de controlo de amplitudes (R) .

2.2.3 Discussão dos parâmetros mais importantes de uma Carta de Controlo

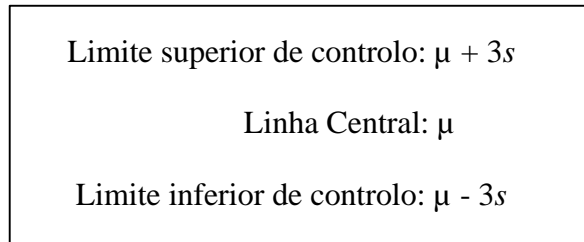
As cartas de controlo, como se referiu, são uma ferramenta de controlo de processo baseada em métodos de inferência estatística. De facto, todo o princípio de funcionamento se baseia numa recolha de amostras de um universo para caracterizar o seu comportamento. Repare-se como é exactamente isso que se faz na sequência de tarefas de construção de uma carta de controlo descrita no capítulo anterior. Começa por se recolher uma série de amostras resultantes do processo em estudo. De seguida efectua-se, para cada uma delas, uma análise das características da sua distribuição – média e dispersão. Do conjunto destas características, faz-se depois uma estimativa do comportamento do universo:

- A média das várias amostras serve como boa estimativa para a média do universo;
- De igual modo, a média dos desvios-padrão das várias amostras serve como estimativa para o desvio padrão do universo.

Conhecendo estas características do universo o teorema do limite central permite-nos prever o comportamento das médias das amostras que dele retirarmos: deverão variar de acordo com uma distribuição aproximadamente normal centrada na média do universo (μ), e com um desvio padrão (s) \sqrt{n} vezes inferior ao desvio-padrão do universo (n – número de valores individuais das amostras).

Pelas características da distribuição normal, sabemos então que 99,73% dos seus elementos se encontram dentro de um intervalo seis desvios-padrão de amplitude em torno da sua média. Aceitando que a probabilidade de ocorrência de uma média fora deste intervalo é suficientemente baixa para merecer ser investigada sempre que aconteça (no sentido de

verificar se não houve de facto uma alteração do universo), podemos considerar os $\pm 3s$ como “limites de aceitação” para as médias das amostras retiradas deste universo. Fica assim definido um modelo de comportamento esperado para a média das amostras, que pode ser resumido da seguinte forma:



Um raciocínio semelhante é levado a cabo para a definição de um modelo de comportamento esperado para a dispersão das amostras.

A partir daqui, cada nova amostra recolhida será confrontada com o modelo de comportamento estabelecido, verificando se a sua média e a sua dispersão estão dentro dos parâmetros previstos, isto é, se se encontram dentro dos limites de variação estabelecidos. Enquanto isto se verificar, estima-se que o processo esteja simplesmente a variar ao sabor das causas normais de variação que lhe são intrínsecas. Se, no entanto, aparecer uma amostra em que um dos parâmetros (ou ambos) se apresenta fora dos limites previstos, infere-se que isso se deve a uma causa especial de variação que induziu uma alteração no universo em estudo. É assim necessário iniciar as acções de investigação com vista à sua identificação, eliminação e prevenção de recorrência.

Quando se diz que estas inferências são feitas com um determinado nível de confiança definido à partida (é com base neste nível de confiança desejado que são estabelecidos os limites do controlo) estamos a impor por contraposição uma certa margem erro nessas inferências. Este erro pode ser de dois tipos:

- Tendo uma distribuição normal uma assíntota horizontal no eixo das abcissas, os seus extremos nunca atingem o valor zero. Em consequência, por mais amplos que sejam os limites de aceitação, vai sempre haver uma pequena fracção de amostras que se encontram para lá dos limites mas que de facto ainda pertencem ao universo no seu estado original. Se por coincidência recolhermos uma destas amostras, quando a compararmos com o modelo definido vamos rejeitá-la (por ter ultrapassado os limites de variação que definimos como razoáveis), ou seja, vamos assumir que estamos perante um universo diferente devido a uma causa especial de variação, quando de facto o processo não variou. Quando isto acontece estamos perante um ‘erro do tipo I’;
- Imagine-se agora que houve uma causa especial de variação que fez a distribuição das médias deslocar-se de um desvio padrão para um dos lados, mantendo-se a dispersão. Irá haver, naturalmente, uma grande área de sobreposição entre a distribuição anterior à ocorrência da causa especial e a nova. É portanto possível, e neste caso até bastante provável, que uma amostra recolhida depois da alteração no processo ainda cumpra com os padrões de aceitação definidos com base na distribuição inicial (basta que a amostra recolhida esteja na área de sobreposição). Isto fará com que o analista “aceite” a amostra como pertencente ao universo

inicial, não detectando a existência de uma causa especial de variação. Em estatística este tipo de erro é designado por ‘erro do tipo II’.

Os erros do tipo I levam a um sobre-controlo do processo, isto é, levam a uma intervenção no processo quando nada o justifica, o que para uma perspectiva de gestão industrial são custos sem proveitos. Inversamente os erros do tipo II levam a um sub-controlo, o que aumenta os riscos de não-qualidade.

Note-se que quanto mais amplos forem os limites definidos, isto é, quanto mais afastados estiverem do centro da distribuição, maior será a probabilidade de ocorrência de erros do tipo II e menor a probabilidade de ocorrência de erros do tipo I.

É também importante salientar que o erro do tipo II poderá acontecer numa determinada amostra recolhida ou mesmo manter-se durante uma sequência de amostras (se por acaso forem todos pertencentes à zona de sobreposição). Mas garantidamente, se devido a uma causa especial de variação o universo se alterou, mais cedo ou mais tarde irá ser recolhida uma amostra pertencente à nova distribuição que falha os limites de aceitação da distribuição inicial que nos alertará para essa ocorrência. A probabilidade com que se poderá detectar essa alteração mais cedo ou mais tarde depende do grau da alteração induzida no universo e da sensibilidade da carta de controlo. Este assunto será novamente discutido no Capítulo 2.2.7.

2.2.4 Escolha da amplitude dos limites do controlo

A escolha da amplitude dos limites do controlo é um dos parâmetros mais importantes da configuração de uma carta de controlo, já que essa amplitude determina o nível de resposta que vamos obter da carta. Aumentando a amplitude estaremos a diminuir a probabilidade de ocorrência de erros do tipo I e a aumentar a probabilidade de ocorrência de erros do tipo II e vice-versa.

Na generalidade das aplicações industriais a amplitude usada é de 3 desvios padrão para cada lado do centro de distribuição, o que implica uma taxa de incidência de erro do tipo I de 0,0027, ou seja, menos de três falsos alarmes por cada 1000 pontos introduzidos na carta de controlo.

2.2.5 Recolha das amostras

Os conceitos estatísticos subjacentes ao funcionamento das cartas de controlo assumem que cada amostra deverá representar um estado específico do processo num dado momento e que portanto cada amostra deverá ser o mais homogénea possível. As alterações do processo devem ser assinaladas pelas diferenças de amostra para amostra. Pensando na realidade industrial a regra prática deverá passar por efectuar as medições de cada amostra com a maior estabilidade de processo possível (pouco espaçada no tempo, da mesma máquina, pelo mesmo operador, etc.) e permitindo o máximo de variação possível (todos os parâmetros referidos anteriormente) de amostra para amostra.

Note-se que os limites de controlo definidos para a carta das médias dependem da dispersão das amostras. Se permitirmos grande heterogeneidade dentro de cada amostra, os limites de controlo das médias terão maior amplitude o que diminuirá a sensibilidade da carta na detecção de ocorrências de causas especiais de variações.

2.2.6 Frequência e dimensão da amostragem

Sendo as cartas de controlo uma ferramenta baseada em métodos de natureza estatística, fica óbvio que quanto maior for a quantidade de dados disponíveis mais eficaz se torna a sua acção. No entanto a recolha de dados é uma tarefa que implica custos significativos. Se pensarmos na realidade industrial, esses custos poderão estar ligados ao tempo de ocupação do operador, tempos de paragem do equipamento de produção, custos associados à manutenção de uma maior base de dados e mesmo o custo do próprio produto no caso dos métodos de ensaio destrutivos. Devido à pressão crescente a que os processos industriais estão submetidos no sentido da redução de custos, esta área da parametrização das cartas de controlo, que tem uma influência tão directa nos custos globais do sistema de controlo estatístico do processo, vai ganhando uma importância crescente.

A quantidade de dados disponíveis depende directamente da dimensão das amostras e da frequência com que são recolhidas.

Quanto à sua dimensão, recomenda-se uma dimensão mínima de 4 medidas individuais. Para dimensões inferiores o comportamento das médias já poderá não ser tão próximo da distribuição normal como o indicado pelo teorema do limite central, o que põe em causa uma das bases teóricas do funcionamento das cartas. Na prática verifica-se que a maioria das vezes são utilizadas amostras de 4 a 6 medidas cada. No caso de parâmetros muito críticos, em que se pretendem detectar rapidamente pequenas variações no processo, esta dimensão deverá ser aumentada, já que quanto maior ela for maior será a sensibilidade da carta. De salientar que para dimensões superiores a 10 se devem evitar as cartas de amplitude para a monitorização da dispersão do processo, dando preferência a cartas de desvio-padrão.

Quando se opta por amostras de maior dimensão, importa não perder de vista uma das regras fundamentais de recolha de amostras: cada amostra deverá ser em si o mais homogénea possível, transpondo as heterogeneidades do processo para as diferenças entre amostras. Com amostras de grandes dimensões esta homogeneidade pode ser difícil de garantir. Isto conduzirá a uma perda de sensibilidade da carta o que vai precisamente contra a vantagem potencial que as amostras de maior dimensão podem trazer ao sistema.

Quanto à frequência é difícil estabelecer regras de uso geral. A ideia fundamental é que fiquem cobertos todos os tipos de variabilidade a que o processo está sujeito, como sejam os diferentes turnos (manhã, tarde e noite), as diferentes equipas de manufactura, os diferentes equipamentos de produção, etc. Esta é uma parte em que intervêm fortemente a experiência e o conhecimento do processo de quem nele trabalha. Na dúvida, recomenda-se o arranque com uma recolha bastante frequente e a redução posterior à medida que o comportamento do processo for ficando mais bem conhecido.

2.2.7 Sensibilidade das cartas de controlo

Como se disse, o objectivo essencial de uma carta de controlo é detectar a existência de causas especiais de variação. Mas os alarmes gerados pelas cartas estão sujeitos aos erros do tipo I e do tipo II discutidos no Capítulo 2.2.3.

Sendo α a probabilidade de ocorrência de um erro do tipo I, β a probabilidade de ocorrência de um erro de tipo II, n o tamanho das amostras e d a diferença entre as médias antes e após a ocorrência da causa especial de variação, é possível desenhar um gráfico designado por *Curva Característica Operacional* que representa a relação entre esses parâmetros.

A figura seguinte é um exemplo de uma dessas curvas para $a = 0,05$.

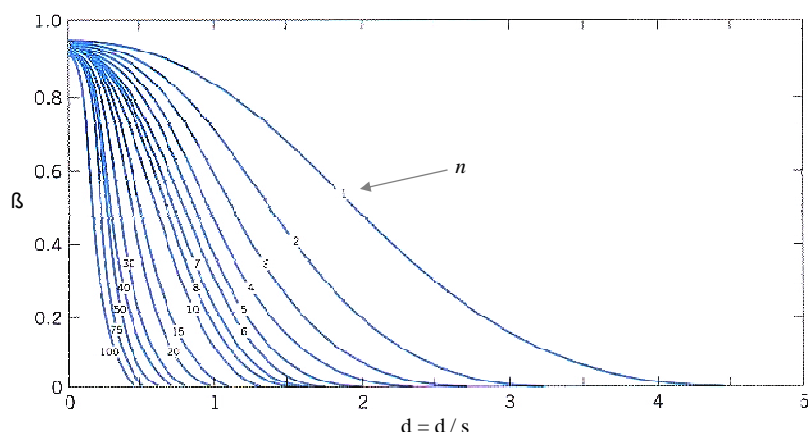


Figura 18 – Curva característica operacional para o teste normal com $a = 0,05$.

Da análise destas curvas observa-se que:

- Quanto mais significativa for a alteração introduzida no processo pela causa especial de variação, isto é, quanto maior for d , menor será a probabilidade de ocorrência de erro do tipo I;
- Para um dado a e d , quanto maior for o tamanho das amostras (n) menor será a probabilidade de ocorrência de erro do tipo II, ou seja, maior será a sensibilidade da carta.

Outra forma de aumentar a sensibilidade de uma carta é através da análise do padrão de comportamento das sucessivas amostras. Como discutido no Capítulo 2.2.3, é esperado que as médias das amostras variem aleatoriamente entre determinados limites e em torno do centro da distribuição. Ora se verificarmos, por exemplo, que um número significativo de amostras sucessivas apresenta valores de média crescente, a aleatoriedade dos resultados fica posta em causa. O mesmo acontecerá se estes forem consecutivamente acima ou consecutivamente abaixo da média. Estatisticamente demonstra-se que é muito improvável que uma variável aleatória apresente um comportamento deste género por mais de 8 pontos consecutivos.

Assim sendo, quando numa carta se observa um comportamento assim padronizado há uma grande probabilidade de que o processo que lhe está associado esteja sob a influência de uma causa especial de variação que importa investigar e eliminar.

Há diversos padrões deste tipo que podem ser analisados. A Tabela 1, na página seguinte, apresenta os mais comuns.

Tabela 1 – Regras mais comuns utilizadas para o aumento da sensibilidade das cartas de controlo.

#	Descrição
1	Um ou mais pontos fora dos limites de controlo
2	Dois de três pontos consecutivos fora dos limites de alerta de dois sigma, mas ainda dentro dos limites de controlo.
3	Quatro de cinco pontos consecutivos fora dos limites de um sigma.
4	Uma série de oito pontos consecutivos sempre acima ou abaixo da linha central.
5	Seis pontos consecutivamente a subir ou a descer.
6	Quinze pontos consecutivos dentro dos limites de um sigma.
7	Catorze pontos consecutivos alternadamente acima e abaixo da linha central.
8	Oito pontos consecutivos sem nenhum valor dentro dos limites de um sigma.
9	Um padrão incomum ou não aleatório nos dados.
10	Vários pontos muito próximos dos limites de controlo.

É no entanto importante salientar que a todas estas regras estão associados erros do tipo I. Daí que à probabilidade α de ocorrência deste tipo de erro pela simples verificação dos limites de controlo, terá de se somar a probabilidade α' associada a cada uma das regras de análise de padrão implementadas. Apesar de teoricamente ser difícil de calcular exactamente qual o α total associado a uma carta com várias regras implementadas em simultâneo, Champ e Woodall (1987) investigaram o comportamento das cartas de controlo nestas circunstâncias e confirmaram que, apesar de detectarem pequenas variações de processo mais rapidamente, o seu comportamento se degrada significativamente quanto à incidência de falsos alarmes. O número excessivo de falsos alarmes é um dos maiores inimigos do sucesso de um sistema estatístico de controlo de processo, pelo que o uso deste tipo de regras deve ser considerado com extrema precaução.

2.2.8 Vantagens do uso de cartas de controlo

A implementação de um sistema de controlo estatístico de processo implica custos directos e indirectos que podem ter um peso importante para a organização. Há um investimento inicial necessário para o planeamento de todo o sistema, para a aquisição das ferramentas de suporte necessárias e para a formação de todos os intervenientes no processo. Depois há um custo permanente de utilização do sistema, associado à recolha e medição das amostras, ao esforço de análise dos dados, à manutenção e optimização do sistema, etc.

É por isso importante ter consciência dos proveitos directos e indirectos que se podem esperar da implementação de tal sistema, dos quais se destacam:

- Facilidade de utilização: as cartas de controlo são um instrumento fácil de utilizar pelo operador no seu posto de trabalho, dando às pessoas que lidam directamente

com o processo informação fiável sobre a sua *performance*, num formato simples de interpretar;

- Melhoram a comunicação: as cartas de controlo fornecem uma linguagem comum sobre o processo, facilitando a comunicação entre os diferentes intervenientes, como por exemplo dois turnos diferentes, o fornecedor e cliente, ou o departamento de produção e o departamento de qualidade;
- Funcionam como um arquivo estruturado de dados objectivos (quantificados) sobre a performance do processo: esta informação assim armazenada é extremamente valiosa para as mais diversas análises de engenharia sobre o processo, quer no âmbito de actividades de optimização da sua *performance*, quer no âmbito de investigações para resolução de problemas detectados *à posteriori*;
- Dão consistência e previsibilidade ao nível de qualidade obtido: quando o processo está sob controlo, o seu comportamento em relação às especificações é previsível o que aumenta a confiança nos níveis de qualidade dele resultantes;
- Induzem um aumento de produtividade no processo: o processo de melhoria contínua induzido pelo uso de cartas de controlo melhora consistentemente a capacidade dos processos a que estão associadas, reduzindo as ocorrências de paragens não previstas e de não-conformidades, minimizando assim os custos e as perdas de produção associadas a estas ineficiências;
- Ajudam à regulação do grau de intervenção no processo: por permitirem distinguir se a variação nos resultados advém de causas comuns ou especiais, as cartas de controlo indicam se há ou não necessidade de intervir no processo, o que evita uma actuação desadequada quer por sub-controlo, quer por sobre-controlo;
- Permitem definir o tipo de intervenção necessária no processo: também por distinguirem entre causas comuns e especiais, as cartas de controlo indicam, em casos de necessidade de diminuição da variabilidade, se a resolução dos problemas deve ser efectuada a nível da produção (para endereçar as causas especiais) ou a nível da gestão de topo (para minimizar as causas comuns), o que evita confusões e custos excessivos resultantes de esforços mal dirigidos.

São assim bem evidentes as vantagens associadas ao uso desta ferramenta de controlo de processo, que beneficiam tanto quem a usa directamente para controlo dos seus processos como os clientes finais dos produtos ou serviços deles resultantes. Foi isso que levou à sua grande aceitação a nível global, sendo hoje raras as organizações (sobretudo no âmbito industrial) que não as utilizam.

3 Caracterização do estado actual das cartas de controlo na Qimonda Portugal

Conforme referido no capítulo de introdução a este trabalho, o seu objectivo central era a definição de um processo que garantisse que as cartas de controlo em uso na Qimonda Portugal se apresentassem num estado óptimo de utilização durante todo o seu período de vida, garantindo uma boa qualidade de serviço a quem as usa.

Para que se pudesse alcançar com sucesso tal objectivo, considerou-se fundamental que o ponto de partida fosse um bom conhecimento do estado das CC em uso à data do arranque do projecto. Só assim poderiam ser identificados os pontos fortes e as oportunidades de melhoria existentes, ambos *inputs* fundamentais para a definição do processo; no final, o sucesso deste poderia ser medido pela sua capacidade de manter e potenciar os primeiros e de encontrar soluções eficazes para as últimas.

3.1 Enquadramento do SPC no sistema de controlo de processo da Qimonda Portugal

Tendo a excelência operacional como um dos vectores fundamentais da sua Missão, a Qimonda Portugal integra no seu Sistema de Qualidade diversas ferramentas de suporte ao controlo de processo, com elevado enfoque nas ferramentas de cariz preventivo.

O processo produtivo da Qimonda Portugal está dividido em cinco grandes áreas de produção:

- *Wafer-Level Packaging (WLP)* – área onde se constroem novas estruturas ao nível das *wafers* (para condução dos sinais eléctricos), também designada por *Wafer Level Assembly (WLA)*;
- *Wafer Probe* – área de teste das *wafers* de *chips*; permite identificar quais os *chips* das *wafers* que são electricamente bons e que podem assim ser usados nas operações subseqüentes de montagem;
- *Assembly* – área de montagem dos *chips* em silício nos seus *packages*, que lhes permitirão mais tarde serem usados pelos clientes da Qimonda Portugal nas suas aplicações; esta é a área em que se operam as transformações físicas no produto, pelo que é aquela em que mais se concentram as actividades associadas a SPC. Contém quatro sub-áreas:
 - *Pré-Assembly* – área em que as *wafers* são cortadas em *chips* individuais;
 - *Printing* – área em que os substratos são preparados para poderem receber os *chips*; os substratos são os suportes que vão receber os *chips* individualizados e vão permitir fazer as ligações eléctricas destes com os sistemas finais onde forem aplicados; nesta área é adicionado aos substratos um adesivo que permitirá fixar o *chip*;
 - *Assembly* ou *Front-of-Line* – área em que os *chips* são colocados nos substratos, sendo ligados a estes através de conexões efectuadas com fio de ouro;

- *End-of-Line* – área em que os *chips* recebem uma protecção de plástico para facilitar o seu manuseamento e os proteger de contactos mecânicos que os pudessem danificar; criam-se também as ligações finais dos substratos para o exterior, é nesta área que terminam as transformações físicas do produto.
- *Test* – área de teste dos componentes para avaliar se a sua performance de funcionamento cumpre com as especificações do produto;
- *Mark Scan & Pack* – área final de verificação da integridade dos componentes, marcação dos mesmos com as referências do produto e embalagem.

Cada uma destas áreas encontra-se depois subdividida em operações de produção, que estão organizadas de acordo com um fluxo de processo, e que vão operando as transformações no produto necessárias para o levar até ao estado de produto acabado.

No total, cada chip passará por mais de trinta operações até se encontrar em estado de ser expedido para o cliente. Para que as características finais do produto estejam de acordo com as suas especificações, é necessário que cada uma das operações exerça a sua acção no produto de forma eficaz, operando com precisão as transformações para que foi projectada.

É com o intuito de garantir a conformidade do produto em cada uma das etapas do processo de transformação que está desenhado um *sistema de controlo de processo*. Este enquadra diferentes Ferramentas da Qualidade, privilegiando as abordagens preventivas/preditivas para a garantia da qualidade do produto final. O diagrama seguinte ilustra de uma forma simples esse sistema.

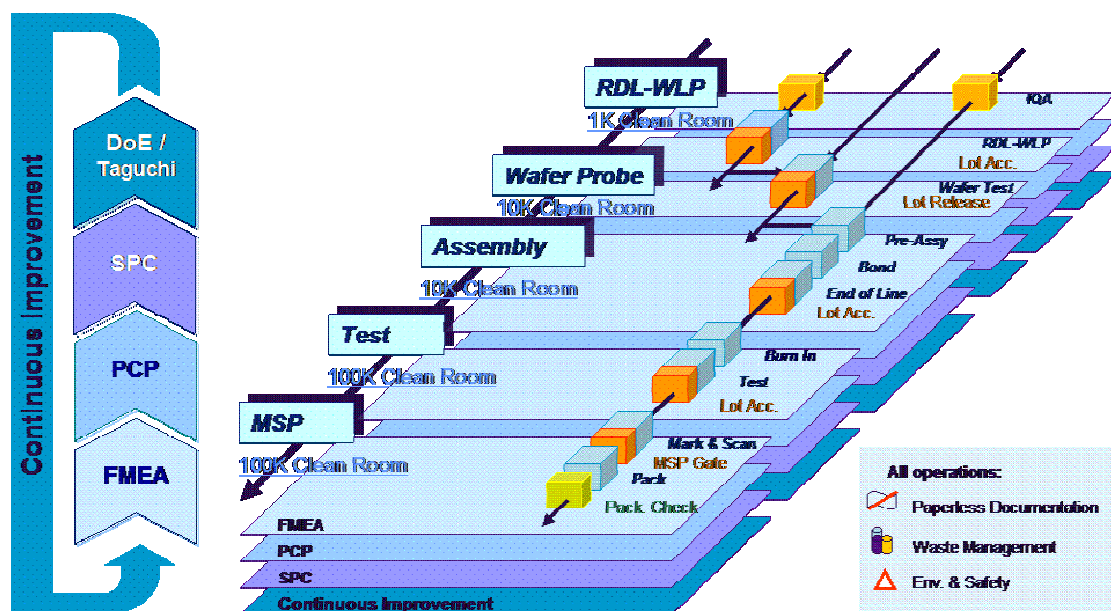


Figura 20 – Ilustração do sistema de controlo de processo na Qimonda Portugal.

Assim sendo, este sistema tem na sua base a identificação *à priori* dos potenciais modos de falha de cada processo, tarefa que é levada a cabo através da metodologia FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*. Esta ferramenta permite uma análise estruturada e detalhada de todo o fluxo de processo, em que se definem as funções essenciais de cada uma das etapas,

para depois identificar de que forma é que essas funções podem falhar, quais as suas causas e quais as suas consequências (efeitos). Todos os modos de falha são depois avaliados em função da sua severidade, nível de ocorrência e grau de detectabilidade, tarefa que conduz à atribuição de um índice de criticidade a cada um deles. O processo culmina com a definição de acções de melhoria para «atacar» os modos de falha que apresentarem um índice de criticidade mais elevado.

Com base nos potenciais modos de falha identificados através do FMEA, são depois elaborados os Planos de Controlo de Processo (PCP). Nestes documentos são discriminados todos os parâmetros de processo e características de produto que devem ser controlados, em cada passo de processo, para garantir a qualidade do produto. Para cada um desses itens se identifica igualmente a frequência com que devem ser avaliados e o tamanho da respectiva amostra, a sua especificação, os métodos de avaliação a usar, onde registar os resultados e como agir em caso de desvios. Tudo isto com o objectivo de detectar eventuais falhas o mais perto possível da sua origem, o que permitirá minimizar os custos de não-qualidade que lhes estão associados, pois que:

- Se evita continuar a adicionar custos a produto não-conforme que no final não estará em condições de ser vendido ao cliente;
- Se detecta e corrige mais rapidamente o problema no processo, evitando que este continue a produzir produto não-conforme.

É neste enquadramento que surge o Sistema de Controlo Estatístico do Processo (SPC). Com efeito, os PCP, de entre todos os itens a controlar que enumeram, classificam alguns como sendo *Críticos* ou *Especiais*. De acordo com a norma internacional QS9000: “Uma característica especial de produto (...) é uma característica do produto para a qual uma variação dentro de níveis expectáveis pode afectar significativamente ou a segurança do produto, ou a sua conformidade com requisitos legais, ou a satisfação do cliente com o produto”.

Dada a sua importância, os PCP definem para o controlo destas características particulares um método de controlo que, mais do que detectar rapidamente situações de não-conformidade, façam uma avaliação contínua da performance dos processos que por elas são responsáveis, permitindo melhorar a sua capacidade e prevenir eventuais falhas (ou pelo menos diminuir continuamente a sua taxa de ocorrência) – o SPC.

Todos os resultados dos processos anteriormente referidos permitem identificar continuamente oportunidades de melhoria nas mais diferentes etapas de produção. Depois de analisadas e ordenadas por grau de importância (por recurso a métodos de avaliação como os Diagramas de Pareto, tabelas ordenadas de graus de criticidade definida pelos FMEA ou outros), as consideradas como prioritárias são endereçadas por recurso a métodos estruturados de investigação experimental – os Desenhos de Experiência (e Métodos de Taguchi). Através destes métodos estruturados de análise de processos, planeiam-se e executam-se sequências optimizadas de experiências, que maximizam a relação entre a informação obtida e o número de experiências realizadas. Isto permite a obtenção mais rápida de resultados conclusivos com um mínimo de recursos dispendidos.

A Qimonda Portugal atribui uma grande importância ao uso sistemático e de uma forma integrada destas ferramentas, que lhe permitem conduzir o seu desenvolvimento no sentido da excelência operacional declarada na sua *Missão*.

3.2 O SPACE – ferramenta informática de suporte ao SPC

Na Qimonda Portugal o Sistema de Controlo Estatístico de Processo é suportado por uma ferramenta informática específica para o efeito – o SPACE (da Camline softwarehouse). Neste software as CC encontram-se organizadas numa estrutura de 4 níveis (ver Figura 23):

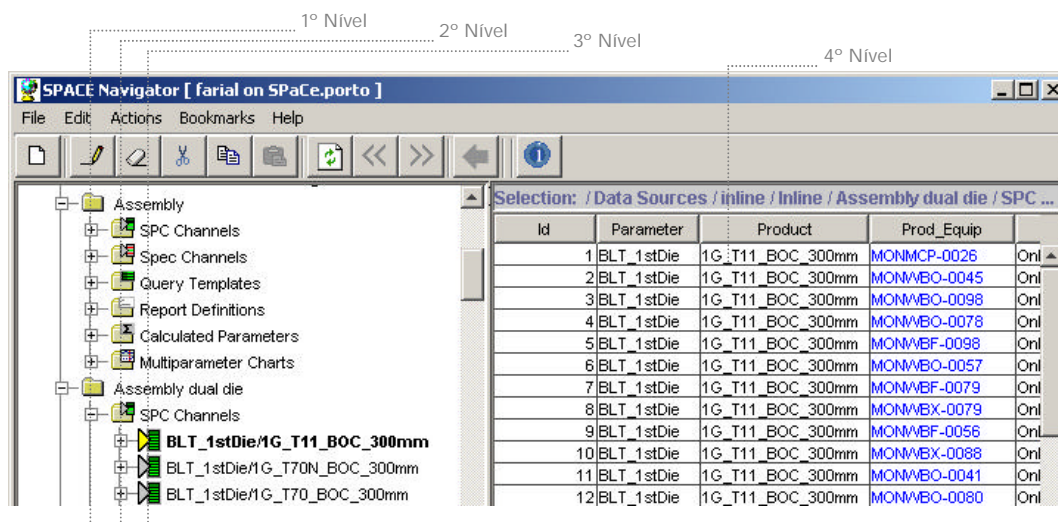


Figura 21 – Estrutura de dados de SPC no SPACE.

- No 1º nível existe uma pasta para cada área de processo; nessa pasta fica agregada toda a informação do âmbito do SPC da respectiva área;
- No 2º nível existem sub-pastas dedicadas a cada um dos diferentes assuntos do universo de informação relacionada com SPC, como por exemplo as cartas de controlo, as especificações, os relatórios e as ferramentas de pesquisa;
- No 3º nível, na sub-pasta dedicada às CC (aquela que é relevante para este estudo), ficam os *Canais de SPC*; um canal de SPC é uma estrutura especial do SPACE que congrega todas as CC existentes para cada par (*característica de processo; produto*);
- No 4º nível ficam as CC; normalmente dentro de cada *Canal de SPC* existe uma CC para cada equipamento de produção.

O SPACE reconhece diversos protocolos de comunicação de informação digital, pelo que em alguns casos é possível estabelecer a comunicação directa entre o sistema de medição e o sistema de SPC. Nos casos em que isso não acontece o *software* proporciona formulários para a introdução manual de dados. Naturalmente, a primeira é a situação preferida, não só pelas evidentes vantagens de rapidez, mas também porque permite que se evitem erros na imputação de dados por parte dos utilizadores.

Sempre que são enviados novos dados, o sistema automaticamente verifica a que carta de controlo é que dizem respeito, apresentando-a ao utilizador já com o novo ponto assinalado.

A figura seguinte ilustra uma carta de controlo típica do SPACE:

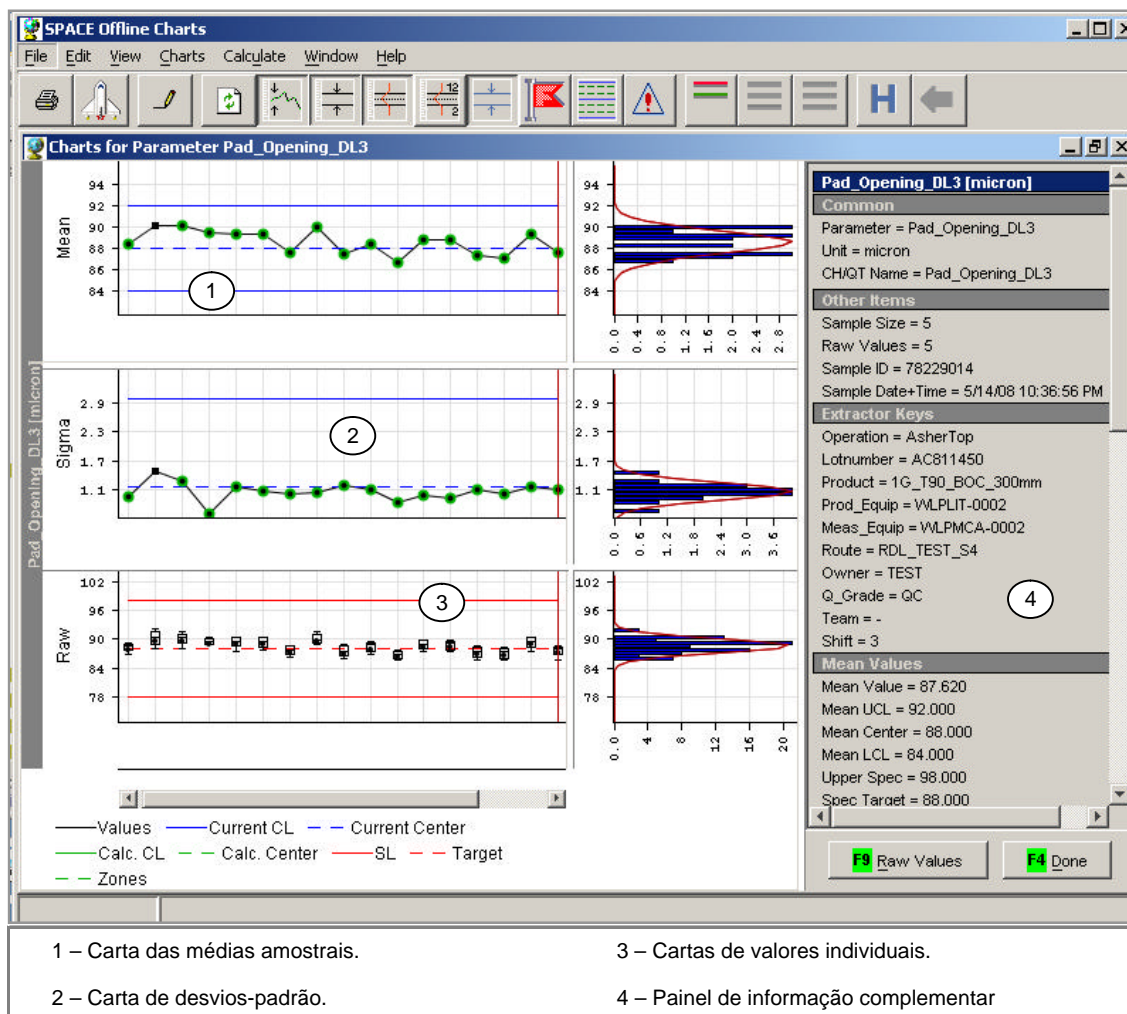


Figura 22 – Exemplo da apresentação de uma carta de controlo no SPACE.

Como se pode observar, a ferramenta apresenta automaticamente a carta das médias, a carta dos desvios-padrão e uma carta adicional com a representação da distribuição dos valores individuais de cada amostra. Adicionalmente, inclui do lado direito um painel com diversa informação complementar que pode ser útil ao utilizador na análise da carta.

3.3 Intervenientes no processo de SPC

O sistema de controlo estatístico de processo é suportado por colaboradores de diversos grupos, cada um com o seu tipo de intervenção:

- Engenharia da Garantia da Qualidade – sendo responsáveis pela gestão dos Planos de Controlo de Processo das áreas a que estão afectos, ao nível do SPC são responsáveis pela estruturação do sistema nessa área. Definem a parametrização das cartas de controlo, controlam o cumprimento dos planos de amostragem e reportam mensalmente os resultados obtidos;
- Engenharia de Processo – são responsáveis pelo acompanhamento directo dos resultados de SPC das suas operações, analisando o nível de alarmes e os índices

de capacidade de processo e implementando acções de melhoria sempre que necessário;

- Engenharia de Investigação&Desenvolvimento e de Qualificação - são os dois grupos responsáveis pela introdução de novos produtos, pelo que lhes cabe em primeira linha alertar para a necessidade de implementação de novas cartas de controlo;
- Engenharia de *Information Technology* (IT) – são responsáveis pela manutenção e resolução de problemas do *software* e pela gestão das bases de dados que lhe estão associadas;
- Operadores de linha – são quem efectua as medições de acordo com o definido nos PCP e as registam no sistema. Quando ocorrem violações dos controlos, são responsáveis pelo primeiro nível de acção de contenção e análise, de acordo com os planos de reacção estabelecidos.

3.4 Características do produto controladas por SPC

As características controladas por SPC em cada área são brevemente descritas em seguida.

Área de Wafer Level Assembly:

- CD_Litho-2 – medida em μm da largura de uma linha de referência (definida produto a produto) pertencente à estrutura criada no segundo passo de litografia;
- Pad_Opening_DL1 – medida em μm da largura de uma janela de referência (definida produto a produto) pertencente à estrutura criada no primeiro passo de litografia,
- Pad_Opening_DL3 – medida em μm da largura de uma janela de referência (definida produto a produto) pertencente à estrutura criada no terceiro passo de litografia;
- Trace_Height – medida em μm da altura de uma linha de referência (definida produto a produto) pertencente à estrutura criada em na operação de *Plating* por electrodeposição galvânica;
- Trace_Width – medida em μm da largura de uma linha de referência (definida produto a produto) pertencente à estrutura criada em na operação de *Plating* por electrodeposição galvânica.

Área de Printing:

- Adhesive_Height – medida em μm da altura do adesivo depositado no substrato;
- DOG_EAR – medida em μm da altura do adesivo depositado no substrato na zona final de deposição (nesta zona, devido às características intrínsecas do processo, forma-se sempre uma pequena elevação no adesivo).

Área de Pre-Assy:

- CHIP – medida em μm da largura das lascas geradas nos *chips*, durante o processo de corte, na operação de *Dicing* (devido à dureza do silício esta geração de lascas

ao longo das linhas de corte, que é efectuado com lâminas rotativas, é impossível de evitar; este fenómeno é designado por *Chipping*);

- KCENT – medida em μm do descentramento do corte em relação ao eixo de simetria da *rua de corte* (espaço livre deixado na *wafer* entre cada duas linhas ou colunas de *chips* para permitir o corte), na operação de *Dicing* (designada por *Kerf Centering*);
- WTH – medida em μm largura do corte na operação de *Dicing* (designada por *Kerf Width*).

Área de Assembly:

- BLT – medida em μm da altura do adesivo depositado no *chip* na operação de *Die Bond* (designada por *Bond Line Thickness*);
- L_H – medida em μm da altura do ponto mais alto da curva desenhada pelo fio de ouro que é soldado entre o *chip* e o substrato na operação de *Wire Bond*;
- NH_D – medida em μm do diâmetro da *cabeça* formada no fio de ouro no início do processo de soldadura ao *chip*, na operação de *Wire Bond*;
- NH_H – medida em μm da altura da *cabeça* formada no fio de ouro no início do processo de soldadura ao *chip*, na operação de *Wire Bond*;
- TPU – medida em gf (gramas-força) da força necessária para quebrar uma ligação de fio de ouro ao *chip* através de uma solicitação vertical (perpendicular ao plano do *chip*);
- TSH – medida em gf da força necessária para quebrar uma ligação de fio de ouro ao *chip* através de uma solicitação horizontal (paralela ao plano do *chip*).

Área de Assembly Dual Die:

Esta «sub-área» é uma parte da área Assembly que se dedica à montagem dos produtos que congregam vários chips numa só unidade (*multi-chip*). O tipo de processos que nela se executam são semelhantes aos do *Assembly* tradicional, mas por razões de gestão operacional a área é em muitos casos tratada como uma área independente. Isto verifica-se, por exemplo, ao nível da gestão documental e do SPC. Assim sendo, os parâmetros nela controlados são em tudo idênticos aos da área de Assembly anteriormente descritos, apenas com a diferença de que estão divididos entre primeiro e segundo *chip* (ou *die*). Os parâmetros são: BLT_1stDie; BLT_2ndDie; BLT_Spacer; L_H_1stDie; L_H_2ndDie; NH_D_1stDie; H_D_2ndDie; NH_H_1stDie; NH_H_2ndDie; TPU_1stDie; TPU_2ndDie; TSH_1stDie; TSH_2ndDie.

Área de End Of Line:

- BALL_SH – medida em gf (gramas-força) da força necessária para quebrar a ligação de uma bola de solda ao substrato através de uma solicitação horizontal (paralela ao plano do substrato).
- FBST_ENERGY_BEFORE_PEAK_350_T – medida em mJ (mili-Joule) da energia necessária para quebrar a ligação de uma bola de solda ao substrato através de uma solicitação horizontal (paralela ao plano do substrato) para *pads* de 350 μm de diâmetro (os *pads* são bases circulares em cobre existentes nos substratos para

permitir a soldadura das bolas de solda, que mais tarde vão servir para montar as unidades de memória nas aplicações finais);

- FBST_ENERGY_BEFORE_PEAK_400_TT – idêntica à anterior mas para *pads* de 400 mm de diâmetro;
- ICOS_COPL – medida em μm da distância entre pino de conexão mais elevado e o pino menos elevado quando o chip está assente sobre uma superfície perfeitamente plana;
- ICOS_SPREAD – medida em μm da distância entre os dois pinos mais afastados;
- ICOS_STDOFF – medida em μm da distância entre a superfície inferior da unidade e a superfície de assentamento quando a unidade está simplesmente apoiada nos seus pinos.
- PLA_COMP – medida da percentagem de chumbo contida na liga de estanho e chumbo com que são cobertos os pinos na operação de Plating;
- PLA_THICKN – medida em nm da espessura do banho de liga de estanho e chumbo com que são cobertos os pinos na operação de Plating;

Área de MSP:

- PLF – medida em gf da força necessária para descolar a *cover tape* (película plástica protectora) da *carrier tape* (filme plástico com pequenas cavidades usado para o transporte de unidades de memórias em bobines).

3.5 Auditoria às cartas de controlo em uso

Tendo em consideração que o número de cartas de controlo em uso na Qimonda Portugal é da ordem das dezenas de milhar de imediato se concluiu que fazer a caracterização do estado à data através de uma análise carta-a-carta seria inviável. O recurso a um método de sondagem era a alternativa óbvia; foi assim planeada e levada a cabo uma auditoria a um pequeno conjunto de cartas de controlo seleccionado do universo global do sistema estatístico de processo da empresa.

Tendo optado pelo uso de um método de sondagem para a caracterização do estado das cartas de controlo na Qimonda Portugal, ficava desde logo claro que a confiabilidade dos resultados obtidos dependeria em larga medida da representatividade da amostra seleccionada. Assim sendo, investiu-se inicialmente numa análise cuidada à estrutura do universo de cartas de controlo, para tentar perceber quais os requisitos a que a amostra deveria obedecer para garantir essa representatividade.

3.5.1 Identificação do universo

O universo em análise contempla todas as cartas de controlo em uso na Qimonda Portugal para o controlo de características de processo identificadas nos Planos de Controlo de Processo (PCP) das diversas áreas. Não inclui outras cartas auxiliares que por vezes são criadas em algumas áreas para fins específicos, mas não directamente relacionados com os PCP oficiais.

No total são cerca de mil os Canais de SPC existentes na Qimonda Portugal, distribuídos pelas diferentes áreas de processo da seguinte forma:

Tabela 2 - Número de Canais de SPC existentes por área de processo.

Área de Processo	Nr. de Canais de SPC
Pre-Assy	258
Printing	63
Assembly	349
Assembly Dual Die	66
End Of Line	159
MSP	80
WLA-SC	5
Total	980

No Anexo C esta informação é apresentada de forma mais detalhada, desdobrada em cada área pelas diversas características aí controladas.

Nota-se uma variação muito grande do número de canais existentes em cada área; daqui fica evidente que difere também consideravelmente o esforço investido em actividades de SPC de umas áreas para as outras.

Outra observação importante provém da análise de diferentes cartas dentro de um mesmo Canal de SPC: verifica-se uma grande uniformidade nas características entre cartas de um mesmo canal. O mesmo já não se verifica quando se comparam cartas de canais diferentes, ainda que pertencentes a uma mesma pasta (mesma área de processo); aqui as diferenças já são bem notórias.

3.5.2 Definição de requisitos para a amostra

Pretendia-se então que a amostra representasse toda a heterogeneidade de características que os milhares de cartas existentes na Qimonda Portugal apresentam. Para isso seria necessário desde logo que estivessem representadas todas as áreas de processo; ou seja, tinha de haver na amostra exemplos de todas as *Pastas*. Por outro lado, dada a relativa homogeneidade dentro de cada *Canal de SPC*, a estratégia deveria passar por recolher apenas um exemplo por canal, procurando contemplar o máximo número de canais possível; seria assim abrangida uma maior diversidade de características de processo e de produtos. Seria também importante que fossem analisadas não só as cartas de controlo que têm um uso mais intensivo (correspondentes aos produtos de elevado volume), como aquelas de uso mais ocasional (para os produtos especiais / de baixo volume).

Tendo em conta todas estas considerações foram definidos os seguintes requisitos para a amostra de cartas de controlo a seleccionar para este estudo:

- Todas as *Pastas* têm de estar representadas na amostra;
- Para cada *Pasta* devem estar representados no mínimo 3 *Canais de SPC*;
- De cada canal será seleccionada apenas uma carta de controlo, aleatoriamente;
- 70% das cartas devem dizer respeito a produtos de elevado volume, 30% a produtos de baixo volume;

- O número de Canais de SPC de uma dada área na amostra deve ser proporcional ao seu número total de Canais de SPC, respeitando assim o peso relativo que essa área tem no universo de cartas de controlo da empresa;
- Tamanho mínimo da mostra: 50 cartas de controlo.

3.5.3 Selecção da amostra

Tendo em conta os requisitos definidos na secção anterior, decidiu-se fazer uma selecção de cartas de controlo de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Número de cartas de controlo a seleccionar para a amostra por área de processo.

Área	Nr. total de CC	Nr. de CC de produtos de elevado volume	Nr. de CC de produtos de baixo volume
Assembly	17	12	5
Pre-Assy	13	9	4
End Of Line	8	6	2
MSP	4	3	1
Assembly Dual Die	3	2	1
Printing	3	2	1
WLA-SC	3	2	1
Total	51	36	15

Para a escolha entre produtos de elevado volume e produtos de baixo volume foi levada em linha de conta a tabela apresentada em baixo, que é um resumo com a informação mais relevante para este estudo de um Relatório Operacional de 22-Abril-2008.

Tabela 4 – Lista dos produtos de volume mais elevado e mais reduzido segundo o Relatório Operacional da Qimonda Portugal em 22-Abr-2008.

Volume elevado		Volume reduzido	
Produto	% do vol total	Produto	% do vol. total
512M T80	17.8%	1G T70	1.4%
512M GH90	10.0%	256M GH90	1.3%
256M D11	6.7%	256M LS11	1.3%
256M T90C	6.6%	256M S11N	1.0%
512M T11	6.1%	1G T90C	0.8%
512M GH80	6.0%	512M D80	0.7%
1G GH70	5.7%	512M T90	0.6%
512M D11	5.6%	512M GV70	0.5%

Chegou-se assim à lista de cartas a auditar apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Lista de cartas de controlo seleccionadas para a amostra.

#	Area	Parâmetro	Tipo de Produto	CC Id
1	Assembly	BLT	Elevado Volume	9884
2	Assembly	BLT	Elevado Volume	9117
3	Assembly	BLT	Baixo Volume	9669
5	Assembly	L_H	Elevado Volume	3979
6	Assembly	L_H	Baixo Volume	9250
7	Assembly	NH_D	Elevado Volume	8014
8	Assembly	NH_D	Elevado Volume	8773
9	Assembly	NH_H	Elevado Volume	9121
10	Assembly	NH_H	Elevado Volume	8616
11	Assembly	NH_H	Baixo Volume	7785
12	Assembly	TPU	Elevado Volume	8539
13	Assembly	TPU	Elevado Volume	9702
14	Assembly	TPU	Baixo Volume	8723
15	Assembly	TSH	Elevado Volume	9077
16	Assembly	TSH	Elevado Volume	6397
17	Assembly	TSH	Baixo Volume	3797
18	Assembly Dual Die	BLT_1stDie	Elevado Volume	8402
19	Assembly Dual Die	TPU_2ndDie	Baixo Volume	7058
20	Assembly Dual Die	TSH_2ndDie	Elevado Volume	9017
21	End Of Line	FBST_ENERGY_BEFORE_PEAK_350_T	Elevado Volume	9279
22	End Of Line	FBST_ENERGY_BEFORE_PEAK_400_T	Elevado Volume	9328
23	End Of Line	FBST_ENERGY_BEFORE_PEAK_400_T	Baixo Volume	9328
24	End Of Line	ICOS_COPL	Elevado Volume	7826
25	End Of Line	ICOS_SPREAD	Baixo Volume	2011
26	End Of Line	ICOS_STDOFF	Elevado Volume	8201
27	End Of Line	PLA_COMP	Elevado Volume	5532
28	End Of Line	PLA_THCK	Elevado Volume	5530
29	MSP	PLF	Elevado Volume	8676
30	MSP	PLF	Elevado Volume	9143
31	MSP	PLF	Elevado Volume	9643
32	MSP	PLF	Baixo Volume	6973
33	Pre-Assy	CHIP	Elevado Volume	8787
34	Pre-Assy	CHIP	Elevado Volume	8489
35	Pre-Assy	CHIP	Elevado Volume	3993
36	Pre-Assy	CHIP	Baixo Volume	8601
37	Pre-Assy	CHIP	Baixo Volume	6465
38	Pre-Assy	KCENT	Elevado Volume	8778
39	Pre-Assy	KCENT	Elevado Volume	8011
40	Pre-Assy	KCENT	Elevado Volume	7620
41	Pre-Assy	KCENT	Baixo Volume	9825
42	Pre-Assy	WTH	Elevado Volume	8416
43	Pre-Assy	WTH	Elevado Volume	6560
44	Pre-Assy	WTH	Elevado Volume	9384
45	Pre-Assy	WTH	Baixo Volume	9488
46	Printing	Adhesive_Height	Elevado Volume	8455
47	Printing	Adhesive_Height	Baixo Volume	7584
51	Printing	DOG_EAR	Elevado Volume	8571
52	WLA-SC	CD_Litho-2	Baixo Volume	7273
53	WLA-SC	Pad_Opening_DL1	Elevado Volume	8424
54	WLA-SC	Trace_Height	Elevado Volume	7278

3.5.4 Método de avaliação

Depois de definida a estratégia de análise ao universo de cartas de controlo, havia que definir como avaliar cada uma das cartas em particular. Pretendia-se que o método definido fosse o mais objectivo possível, capaz de apresentar resultados quantificados. Isto permitiria que com a aplicação posterior do mesmo método ao mesmo universo se pudesse medir a evolução no tempo da qualidade do serviço prestado pelas cartas de controlo aos seus utilizadores.

Foi com esse intuito que se optou pela seguinte abordagem:

1. Discriminar um conjunto de requisitos a que uma carta de controlo deve obedecer para que possa desempenhar eficazmente o seu papel num sistema de controlo estatístico de processo.
2. Elaborar uma *checklist* de auditoria às cartas de controlo da amostra; os itens a constar contemplariam todos os requisitos enumerados na lista anterior.
3. Auditar todas as cartas da amostra com base nessa *checklist*; para cada item haveria apenas 3 resultados possíveis: *Conforme*, *Não-conforme* e *Não Aplicável*.

Ficaria assim cumprido o objectivo de minimizar o nível de subjectividade introduzida no processo pelo avaliador: a lista de itens a verificar em cada carta de controlo é fixa, aplicável a todas as cartas, e independente de quem executa; uma avaliação do tipo *Conforme / Não-conforme*, aplicada a uma lista de itens suficientemente detalhada, fica reduzida à observação de factos o que reduz substancialmente a influência da «opinião» do avaliador.

Lista de requisitos necessários para o bom serviço de uma Carta de Controlo.

Seguiu-se então a elaboração da lista de requisitos considerados necessários para que uma carta de controlo possa prestar um serviço eficaz aos seus utilizadores. Esta ficou organizada em 4 categorias:

- A. Categoria que inclui os itens com informação geral relativa à carta de controlo em análise e que devem ser fáceis de observar pelo utilizador, como a característica de produto controlada, o produto a que diz respeito, o intervalo de tempo apresentado, entre outros;
- B. Categoria que inclui itens com informação específica sobre a amostra seleccionada, incluindo os resultados das medições, data e hora de registo e outra informação adicional relevante para a interpretação e análise dos resultados;
- C. Categoria que contém diversos itens relativos à apresentação gráfica das cartas de controlo; a análise gráfica de dados, pela sua eficácia e rapidez, é uma das grandes mais-valias das cartas de controlo pelo que é fundamental que estas tenham uma adequada apresentação;
- D. O SPACE (software de SPC) tem a capacidade de identificar automaticamente desvios ao comportamento esperado dos processos, caso tenha activadas determinadas regras automáticas de controlo (na literatura sobre a matéria frequentemente designadas por Western Electrical Rules - WER). Pelos procedimentos da Qimonda AG, é obrigatório que se controlem pelo menos as violações dos Limites de Especificação, violações dos Limites de Controlo, e que se implemente uma WER adicional à escolha. Perante uma violação, o sistema emite alertas automáticos nos monitores de produção e por e-mail (pelo que é necessário que as listas de distribuição das notificações estejam correctamente definidas). Esta categoria incide sobre estas configurações.

A lista detalhada dos requisitos identificados é apresentada no Anexo D.

3.5.5 Condução da auditoria às cartas de controlo

Foi então conduzida a auditoria para caracterização do estado das cartas de controlo pertencentes ao sistema de Controlo Estatístico de Processo da Qimonda Portugal. Para tal foi elaborada uma *checklist* baseada na tabela de requisitos discutida no capítulo anterior. A referida *checklist* é também apresentada no Anexo E.

3.5.6 Resultados

Os resultados das auditorias foram compilados numa base de dados em Excel que permitiu a análise de resultados que a seguir se apresenta.

Resultados globais

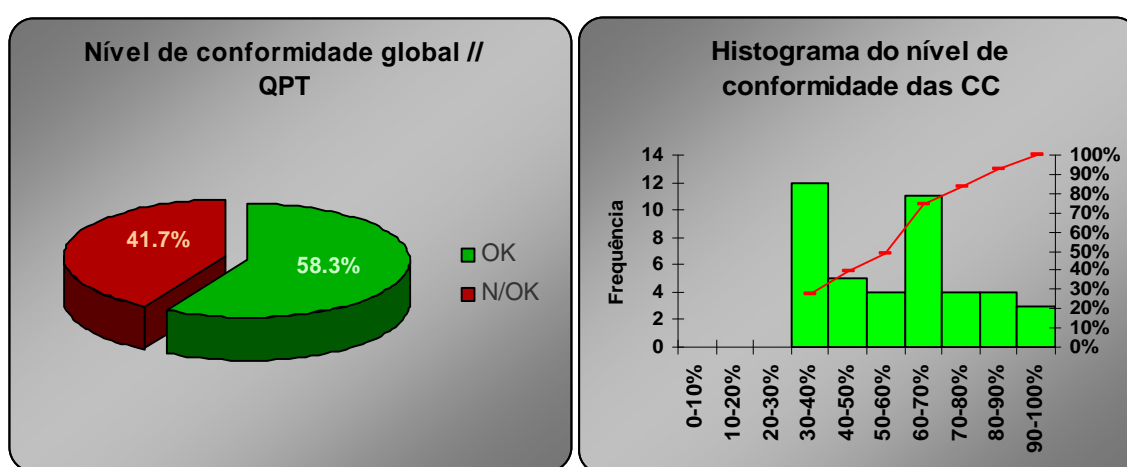


Figura 24 – Nível de conformidade global na QPT. **Figura 24** – Histograma de resultados por auditoria.

Como se pode observar, globalmente as cartas de controlo demonstraram um nível de conformidade aos requisitos definidos muito baixo. Dos cerca de 1900 itens controlados apenas 58.3% estavam conforme. Olhando para o histograma de resultados das cartas de controlo, verificamos que cerca de metade das cartas apresentam uma taxa de cumprimento inferior a 60%, e cerca de 74% delas mantêm resultados inferiores a 70%. Apenas 7% das cartas apresentam um resultado superior a 90%.

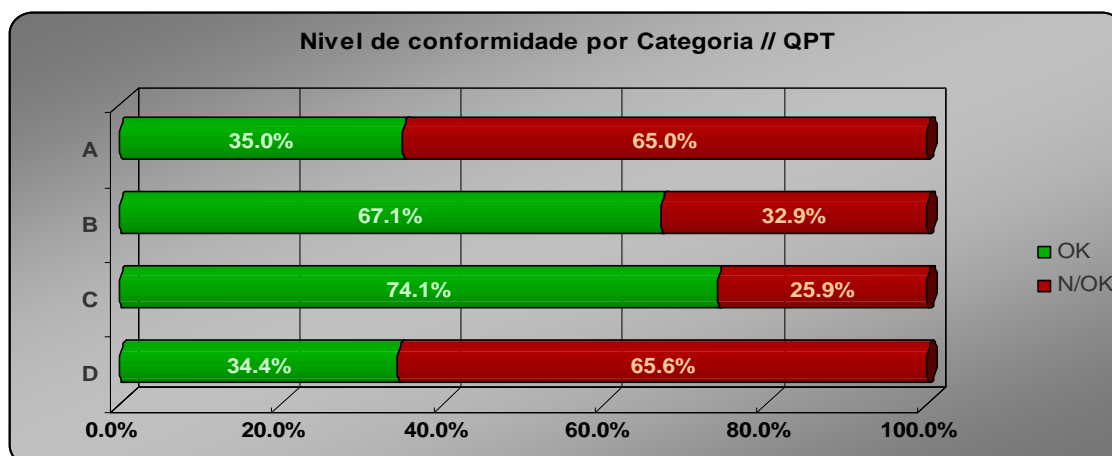


Figura 25 – Nível de conformidade por categoria no total da amostra (todas as áreas).

Numa análise aos resultados por categorias (A a D, conforme descrito no Capítulo 3.5.4) verifica-se nos resultados totais para a Qimonda Portugal que as categorias A e D apresentam níveis de conformidade extremamente baixos. As categorias B e C apresentam resultados melhores, mas ainda assim abaixo do desejável.

Resultados para a área de Pre-Assembly

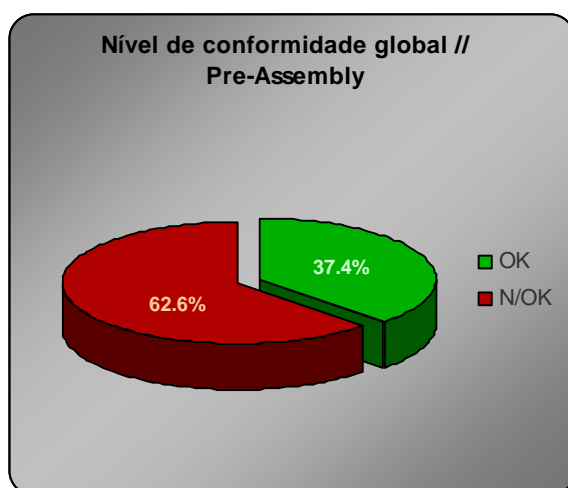


Figura 27 – Nível de conformidade global no Pré-Assembly.

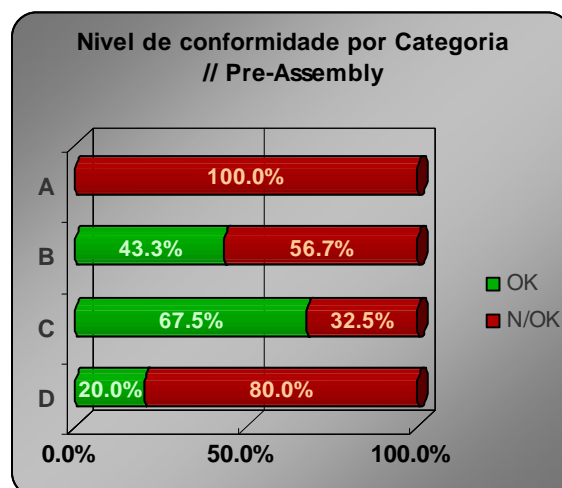


Figura 27 – Nível de conformidade por categoria no Pré-Assembly.

No Pre-Assembly o nível de conformidade global apresentado foi extremamente baixo, mesmo bastante abaixo do nível geral. O destaque pela negativa vai para a categoria A, referente à informação geral sobre a carta de controlo, em que nenhum dos itens controlados estava conforme. Igualmente muito baixo foi o nível de conformidade na categoria D, o que é particularmente preocupante dado que esta categoria se refere à activação dos alarmes automáticos dados pelo sistema quando se verificam violações (p.e. uma ocorrência com uma média fora de limites de controlo). Mesmo nas categorias com melhores resultados, a B e a C, os resultados estão bastante aquém do desejado.

Resultados para a área de Printing

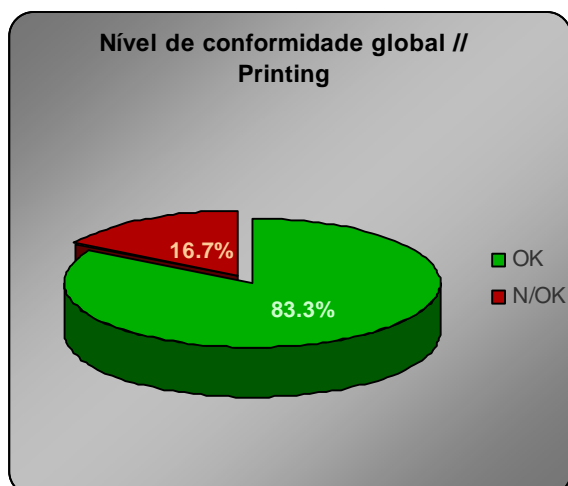


Figura 29 – Nível de conformidade global na área de Printing.

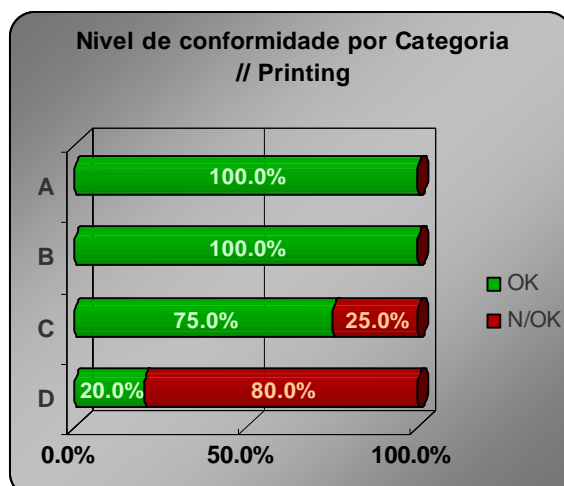


Figura 29 – Nível de conformidade por categoria na área de Printing.

A área de Printing apresentou resultados bastate positivos, sobretudo tendo em consideração o baixo nível global. Excelentes os resultados apresentados nas categorias A e B – 100% em ambas. Nesta área o grande foco de preocupação é a categoria D, apenas com 20% de itens conforme.

Resultados para a área de Assembly

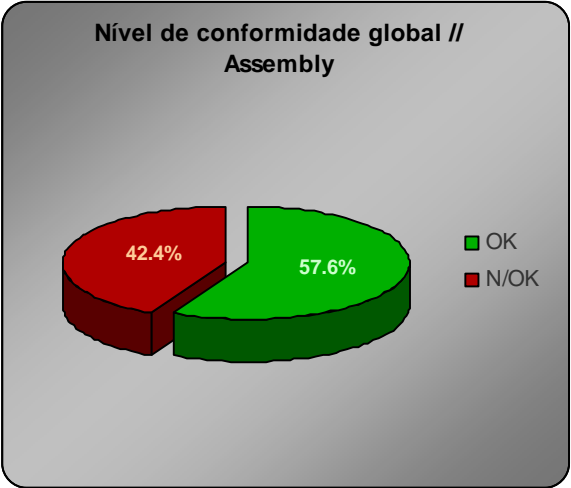


Figura 31 – Nível de conformidade global na área de Assembly.

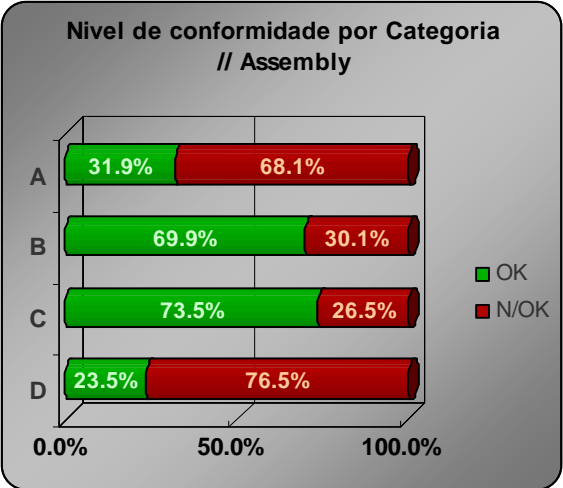


Figura 31 – Nível de conformidade por categoria na área de Assembly.

A área de Assembly apresentou resultados em linha com os resultados globais, com um nível de conformidade global ligeiramente inferior a 60%. As categorias A e C demonstram bastantes carências, ficando as B e C mais bem classificadas, com níveis de conformidade na ordem dos 70%.

Resultados para a área de Assembly Dual Die

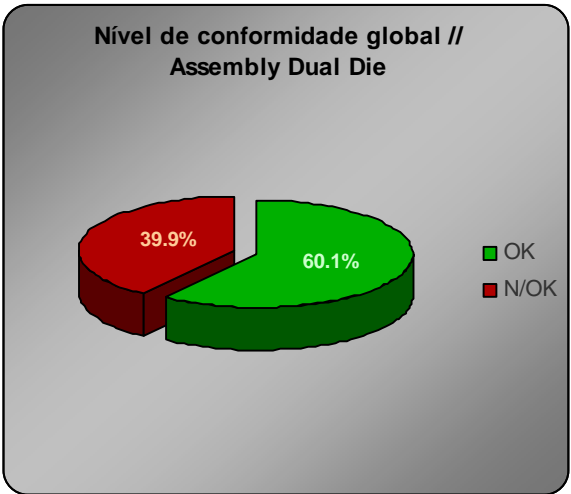


Figura 33 – Nível de conformidade global na área de Assembly Dual Die.

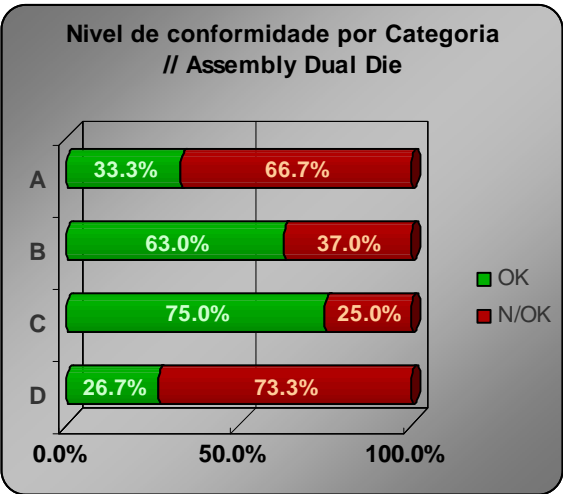


Figura 33 – Nível de conformidade por categoria na área de Assembly Dual Die.

Como seria de esperar, os resultados da área de Assembly Dual Die foram muito semelhantes aos da área de Assembly. Recorde-se que, como explicado no Capítulo 3.1, a primeira é uma «sub-área» da segunda dedicada a uma linha de produtos muito específica (*multi-chip*). Novamente o nível de conformidade global esteve na ordem dos 60%, com resultados mais positivos nas categorias B e C e resultados mais preocupantes nas A e D.

Resultados para a área de End Of Line

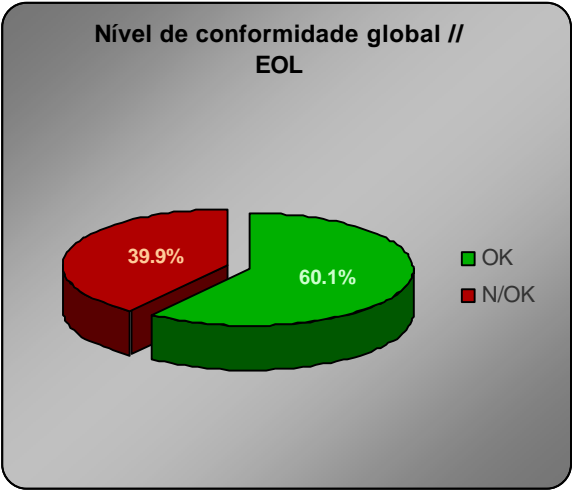


Figura 35 – Nível de conformidade global na área de End of Line.

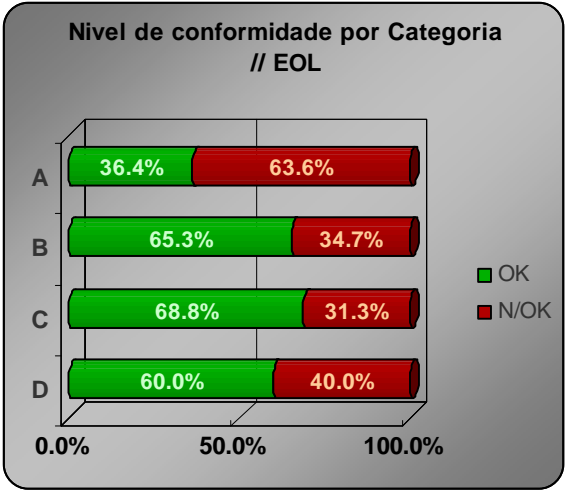


Figura 35 – Nível de conformidade por categoria na área de End of Line.

A área de End of Line também apresentou um estado bastante semelhante ao da área de Assembly, mantendo um nível de conformidade global a rondar os 60%. A grande diferença a destacar são os resultados bastante mais positivos apresentados pela categoria D, mas que ainda assim demonstra bastante espaço para melhoria.

Resultados para a área de Mark Scan & Pack

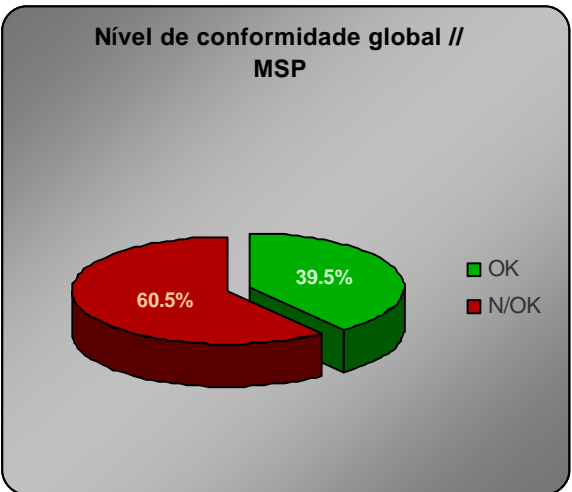


Figura 37 – Nível de conformidade global na área de MSP.

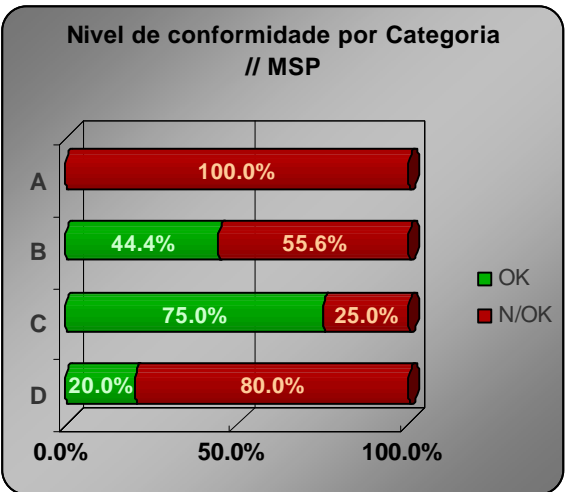


Figura 37 – Nível de conformidade por categoria na área de MSP.

Na área de Mark Scan and Pack os resultados foram bastante abaixo no nível médio, com um nível de conformidade global de apenas 40%. Pela negativa destaca-se claramente a categoria A, em que nenhum dos itens controlados estava conforme. Também muito baixo foi o nível

de conformidade apresentado pelas categorias D e B, sendo a categoria C a única a apresentar resultados alinhados com a média.

Resultados para a área de Wafer Level Assembly

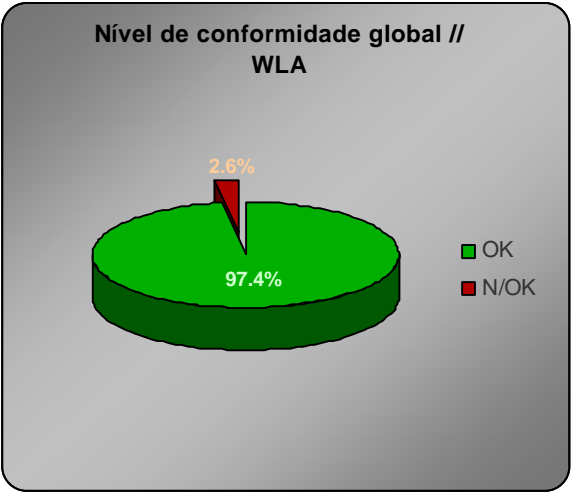


Figura 39 – Nível de conformidade global na área de WLA.

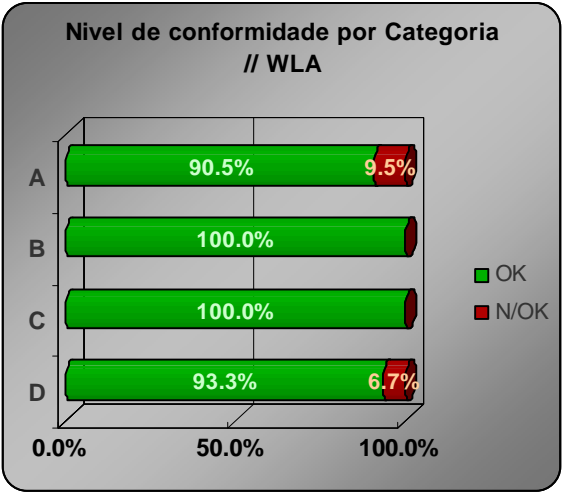


Figura 39 – Nível de conformidade por categoria na área de WLA.

A área de Wafer Level Assembly foi o grande destaque pela positiva. O nível de conformidade global cotou-se acima dos 95%, com resultados em duas categorias, a B e a C, que atingiram o nível de excelência de 100%. As categorias A e D, apesar de não estarem ao mesmo nível, mantiveram resultados acima dos 90%.

Itens com melhor resultado

Tabela 6 - Lista de itens com melhor resultado.

Item	Resultado	Descrição
B.8	100.0%	Valor da média
B.9	100.0%	Valor de Desvio-Padrão
B.10	100.0%	Valor Mínimo da amostra
B.11	100.0%	Valor Máximo da amostra
B.12	100.0%	Valores dos limites apresentados na carta de Valores Individuais
B.13	100.0%	Valores dos limites apresentados na carta da Média
B.14	100.0%	Valores dos limites apresentados na carta de Desvio-Padrão
C.6	100.0%	Limite de Controlo definido na carta de Desvio-Padrão
C.7	100.0%	Limite de Controlo visível na carta de Desvio-Padrão
B.6	95.8%	Tamanho de amostra
C.3	95.8%	Limites de Controlo definidos para a carta das médias
C.4	95.8%	Limites de Controlo visíveis na carta das médias

A análise à lista de itens com melhores resultados permite verificar que todos eles estão relacionados com informação mais imediata que se espera obter de uma CARTA DE CONTROLO: os valores das medições e das índices estatísticos com elas relacionados (como a média, o desvio-padrão, etc.) e os valores dos limites que lhes são aplicáveis.

Itens com pior resultado

Tabela 7 - Lista de itens com pior resultado.

Item	Resultado	Descrição
A.1	12.5%	Código de identificação da Carta de Controlo
A.6	12.5%	Data / hora da primeira amostra visível
A.7	12.5%	Data / hora da última amostra visível
A.5	12.5%	Unidade de grandeza
B.16	12.5%	Comentário interno
B.17	12.5%	Descrição de violação
B.18	12.5%	Comentário à violação
B.4	16.7%	Equipamento de medição
D.2	16.7%	Violação de Limites de Controlo na carta de Médias
D.3	16.7%	Violação de Limites de Controlo na carta de Desvios-Padrão
D.4	16.7%	Uma regra WER adicional implementada
D.5	16.7%	Lista de distribuição adequada para as notificações

Na análise a esta lista de itens com piores resultados sobressaem, de facto, os maus resultados obtidos por diversos itens relacionados com os alarmes automáticos para violações que o software SPACE disponibiliza. Este tipo de alarmes (e respectivas notificações automáticas por e-mail) são sem dúvida um dos serviços mais interessantes que o software pode prestar aos seus utilizadores e que estão a ser, em larga media, subaproveitados.

3.6 Análise crítica ao estado actual das cartas de controlo na Qimonda Portugal

Este trabalho de avaliação permitiu, de facto, um conhecimento muito mais aprofundado do estado das cartas de controlo na Qimonda Portugal. Existia, à partida, a ideia de que neste campo haveria muito a melhorar no sistema de SPC da empresa. Mas este era apenas um conhecimento empírico, com base no *feedback* ocasional de alguns utilizadores, a que faltavam dados objectivos. Esta auditoria veio suprir essa lacuna.

Mesmo antes da consolidação e análise dos resultados obtidos nas auditorias às cartas de controlo, esta fase do projecto já tinha capitalizado um elevado valor acrescentado para o desenvolvimento do mesmo. Por um lado, permitiu ao autor tomar um conhecimento muito mais aprofundado de toda a estrutura de cartas existentes, das particularidades de cada área de processo, dos erros mais frequentes, e mesmo da ferramenta SPACE em si e de todos os pormenores ligados à configuração de cartas de controlo. Este conhecimento revelou-se fundamental para a fase seguinte de desenho do processo de gestão das cartas de controlo. Por outro lado, implicou o desenvolvimento de ferramentas auxiliares à condução da auditoria que, mais do que terem permitido a realização desta auditoria em particular, se vieram a revelar de grande utilidade posterior, nomeadamente nas acções de monitorização contínua do sistema.

Quanto aos resultados, estes acabaram por se revelar bastante piores do que o esperado. É um facto que as informações essenciais existiam em todas as cartas de controlo consultadas: os valores de cada medição e os valores dos limites que lhes eram aplicáveis, o que garante o

nível mais básico de controlo de processo que se espera de um sistema de SPC. Para além disso, o cenário geral deixou bastante a desejar. Há muita informação adicional relevante que não é apresentada, o que complica qualquer análise que possa ser necessária e que vá para além da simples comparação de uma dada amostra com os seus limites. Neste aspecto, é de realçar a falta generalizada de implementação das regras automáticas de controlo de violações que o SPACE disponibiliza. Quando as regras estão activadas no software, sempre que uma violação acontece este apresenta um alarme ao operador no monitor, indicando-lhe qual o tipo de violação, e pedindo-lhe uma descrição das acções de reacção que tomou perante a mesma. Para além disso, notifica automaticamente por e-mail o grupo de engenharia responsável pela operação. Quando as regras não estão activadas, o software não apresenta esses alarmes nem emite as notificações, o que deixa o processo muito mais dependente da sensibilidade e atenção dos operadores de linha.

É interessante verificar que a área que se destaca claramente das demais pelos seus resultados positivos é a área de Wafer Level Assembly. Esta área, além de ser a mais recente na Qimonda Portugal, é de longe a que tem em uso um menor número de canais de SPC e, portanto, aquela que tem um sistema menos complexo de gerir dada a sua dimensão mais reduzida. Fica assim claro que é possível manter este tipo de sistemas em boas condições de funcionamento, sem o suporte de processos de gestão mais formais, enquanto eles mantêm uma dimensão razoavelmente reduzida. Mas os resultados apresentados pelas áreas maiores deixam evidente que assim que os sistemas começam a crescer, e a sua complexidade a aumentar na mesma proporção, se torna muito difícil de manter esse bom nível de serviço se não estiverem implementados processos eficientes de actualização e monitorização desses sistemas.

Em conclusão, ficou clara com esta auditoria a necessidade de melhorar o nível de serviço prestado pelas cartas de controlo da Qimonda Portugal, tendo ficado identificados os principais pontos em que o processo de melhoria deve incidir, e de uma forma diferenciada para cada uma das áreas de processo. Reconhece-se, obviamente, que o tamanho da amostra, sobretudo para a análise área a área, é bastante reduzido para se poderem retirar ilações com elevado grau de confiança. No entanto, e como já foi destacado, a elevada uniformidade que se observou dentro de cada uma das áreas, permite uma maior confiança nos mesmos. Para além disso, o objectivo fundamental de ficar a conhecer com maior profundidade toda a estrutura de cartas de controlo da Qimonda Portugal ficou perfeitamente concretizado, permitindo o estabelecimento dos alicerces de conhecimento essenciais à construção de um processo de gestão de cartas de controlo que realmente se adequa às necessidades da empresa.

4 Proposta de processo para a gestão das cartas de controlo na Qimonda Portugal

Conforme discutido no Capítulo 2.1, a gestão por processos está fortemente enraizada na Qimonda Portugal, e com um âmbito de aplicação de grande abrangência. Esta abordagem atravessa na organização os diferentes níveis de gestão, desde a gestão estratégica até à gestão operacional, passando por todas as áreas de suporte. Mas, obviamente, nem todas as actividades desenvolvidas na empresa estão descritas e são geridas por processos. Será então que se justificava a aplicação dessa abordagem ao problema em discussão neste trabalho?

Na escolha de uma ferramenta com o intuito de endereçar um determinado problema, é necessário verificar até que ponto as potencialidades daquela vão ao encontro das dificuldades determinadas por este. Nesta perspectiva, olhando para o desafio de definir procedimentos de gestão das cartas de controlo de processo da Qimonda Portugal, de imediato se observam as seguintes características:

- Dimensão da tarefa: conforme discutido, o número de cartas em uso na empresa é da ordem das dezenas de milhar, e mantém uma tendência de forte expansão, dada a estratégia da organização de diversificação do *portfólio* e orientação para produtos de menor volume e elevado valor acrescentado;
- Abrangência operacional: é uma tarefa que terá repercussões em diversas áreas de processo, envolvendo a acção de várias equipas de engenharia;
- Complexidade: a combinação dos dois pontos anteriores traduz-se naturalmente numa grande complexidade global, com um elevado número de interfaces a gerir de forma eficaz para garantir a obtenção de um resultado final satisfatório;
- Continuidade: os procedimentos a definir têm de ter um carácter de continuidade, dada a constante necessidade de actualização patenteada por uma estrutura de cartas de controlo estatístico de processo, o que tem ainda maior relevância numa indústria em que o ciclo do produto tem uma duração extremamente reduzida.

A tudo isto, somava-se a necessidade, evidenciada pelos resultados abaixo das expectativas que foram apresentados no capítulo anterior, de poder acompanhar continuamente o nível de sucesso das actividades desenvolvidas neste âmbito.

Estávamos, por isso, perante um problema que se enquadrava na perfeição nas virtualidades apontadas à abordagem da gestão por processos: a sua capacidade de gerir de forma optimizada o esforço de uma equipa, com elementos de diferentes áreas de responsabilidade, com vista à prossecução de um objectivo comum, melhorando as interfaces, maximizando as sinergias, e permitindo um acompanhamento contínuo da performance global do sistema, através de indicadores objectivos de eficácia e eficiência.

Foi com base nestas considerações que se partiu para a definição do processo que é apresentado neste capítulo. A forma como o processo é apresentado segue exactamente o modelo de descrição de processos na Qimonda Portugal.

4.1 Missão / Âmbito

Missão

Este documento pretende descrever o processo de gestão de *cartas de controlo estatístico de processo* na Qimonda Portugal.

Âmbito

Os Planos de Controlo de Processo das áreas de produção da Qimonda Portugal definem que algumas características de produto têm de ser controladas através de *controlo estatístico de processo*. Este documento aplica-se às *cartas de controlo* usadas para a monitorização dessas características.

4.2 Abreviações / Terminologia

Tabela 8 – Tabela de abreviações e terminologia do processo.

Abreviação / Termo	Explicação / Definição
<i>QPT</i>	Qimonda Portugal.
<i>QAG</i>	Qimonda AG.
<i>Controlo estatístico de processo (SPC)</i>	Conjunto de metodologias que, com base em métodos estatísticos, têm por fim garantir a estabilidade dos processos e maximizar a sua capacidade através da redução sistemática da sua variabilidade.
<i>Cartas de controlo</i>	Ferramenta de SPC que tem por objectivo primordial detectar e alertar para a ocorrência de causas especiais de variação nos processos em que são aplicadas.
<i>Carta-modelo</i>	Carta de controlo com uma configuração optimizada, tendo em vista a maximização do nível de serviço prestado ao seu utilizador.
<i>FAB300</i>	Software de suporte à gestão de produção na QPT
<i>UPMS/ GPDS</i>	Base de dados de suporte à sincronização de processos entre as diferentes fábricas da QAG, contendo as especificações de produto e os parâmetros de processo aplicáveis em toda a organização.
<i>Quality Assurance Assessment</i>	Actividades periódicas de auto-avaliação das áreas de processo focadas nos procedimentos de garantia de qualidade.
<i>Balanced Score Card</i>	Ferramenta de suporte à gestão estratégica e operacional da QPT, na qual se definem metas e objectivos para os diferentes níveis da organização, que são acompanhados mensalmente.
<i>SPACE</i>	Software de suporte ao sistema de controlo estatístico de processo na Qimonda Portugal.

4.3 Responsabilidades

Tabela 9 – Tabela de responsabilidades das funções intervenientes no processo.

Função	Responsabilidades
<i>Coordenador de SPC</i>	Responsável pela coordenação de todo o sistema de controlo estatístico de processo na Qimonda Portugal.
<i>Engenharia de Garantia da Qualidade / Processo (QA/P)</i>	Responsáveis pela gestão dos planos de controlo das áreas de processo a que estão afectos, ao nível do SPC são responsáveis pela estruturação do sistema. Definem a parametrização das cartas de controlo, controlam o cumprimento dos planos de amostragem e reportam mensalmente os resultados da área.
<i>Engenharia de Garantia da Qualidade/ Qualificações (QA/Q)</i>	Dão suporte na área da Gestão da Qualidade aos projectos de desenvolvimento e criação de novos produtos. São responsáveis pela preparação do sistema de SPC para a introdução de um novo produto, nomeadamente pela criação de todas as novas cartas de controlo que possam ser necessárias.
<i>Engenharia de Processo</i>	Responsáveis pelo acompanhamento directo dos resultados de SPC das suas operações, analisando o nível de alarmes e os índices de capacidade de processo e implementando acções de melhoria sempre que necessário.

4.4 Referências

Tabela 10 – Tabela de referências as outros documentos.

Título	Número	Fonte
<i>Checklist de auditoria às cartas de controlo</i>	TE0049611	QPT QM
<i>Quality Assurance Assessment</i>	PI002868	QPT QM
<i>Process Description: Statistical Process Control (SPC)</i>	A66500-T0002-X-*-7635	http://intra.muc.infineon.com/statistical_methods/index.htm (Jun/08)
<i>SPC Guideline</i>	A66500-M0007-X-*-7635	http://intra.muc.infineon.com/statistical_methods/index.htm (Jun/08)
<i>SPACE User Manual</i>	N/A	QPT IT
<i>QS9000 / SPC Reference Manual</i>	N/A	QPT QM

4.5 Diagrama Geral de Processo

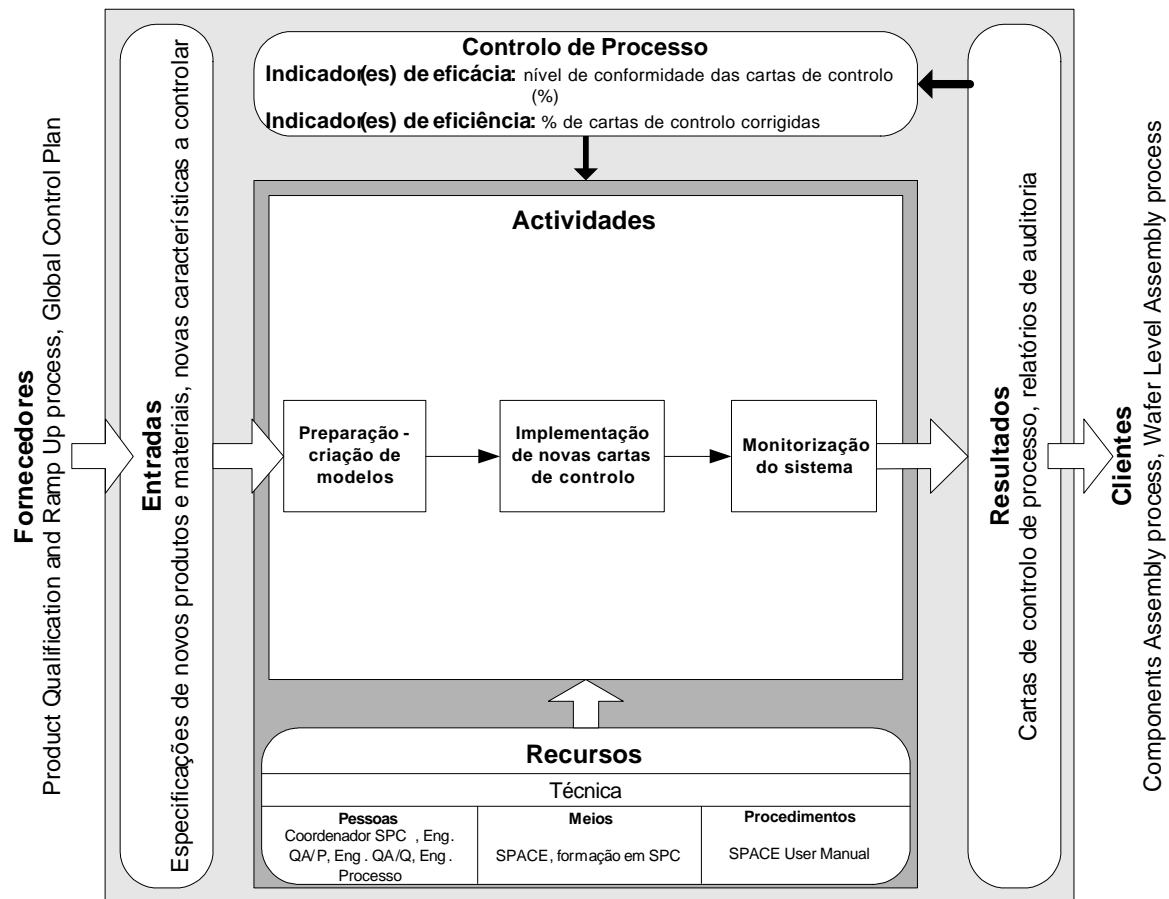


Figura 41 – Fase 1: Preparação – Criação de cartas-modelo.

Técnica

A definição das cartas-modelo é efectuada por discussão em equipa, entre a engenharia de QA/Q, QA/P e de Processo da área, das particularidades da nova característica a controlar, tendo em vista o documento-guia Lista de requisitos de referência para uma carta de controlo (Anexo A), e validada pelo coordenador de SPC.

A implementação de novas cartas de controlo no sistema é feita por cópia de uma das cartas-modelo definidas, seguida de validação pela engenharia de QA/P da área de processo em causa, com base na Checklist de auditoria às cartas de controlo.

A monitorização do sistema é efectuada através de auditorias trimestrais, área a área, efectuadas pela engenharia de QA/P no âmbito das actividades de Quality Assurance Assessment. Os resultados são compilados e reportados pelo coordenador de SPC.

Fases

Fase 1: *Preparação – criação de modelos*

Nesta fase definem-se *cartas-modelo* que vão servir de base à criação de novas cartas de controlo. Esta fase só é aplicável quando a carta de controlo a criar diz respeito a uma nova característica de produto, até aí não contemplada pelo sistema de controlo estatístico de processo. A configuração de cada uma das *cartas-modelo* é discutida em detalhe, tendo em conta o tipo de característica a controlar e usando como base o documento-guia “*Lista de requisitos de referência de uma carta de controlo*”, envolvendo a engenharia de *QA/Q*, *QA/P* e de *Processo* da área. No final é validada e publicada pelo *coordenador de SPC*.

Fase 2: *Implementação de novas cartas de controlo*

Nesta fase criam-se as novas cartas de controlo. O processo inicia-se pela selecção do modelo adequado – existe um modelo para cada característica implementada – que é copiado para criar a nova carta. Depois apenas necessita de ser configurada quanto à designação do produto e às especificações aplicáveis.

Fase 3: Monitorização do sistema

Nesta fase procede-se à monitorização do sistema através de auditorias às cartas de controlo. Estas auditorias podem ser desencadeadas em dois âmbitos: auditoria inicial de validação de uma nova carta; auditoria de monitorização cíclica, incluída nas actividades de *Quality Assurance Assessment* de cada área de processo.

As auditorias são conduzidas com base na Checklist de auditoria às cartas de controlo e são efectuadas pela engenharia de *QA/P*, que fica também responsável pelo seguimento das acções correctivas que possam resultar. Os resultados são compilados e reportados pelo coordenador de SPC.

4.6 Fluxos do processo

4.6.1 Fase 1: *Preparação – Criação de cartas-modelo*

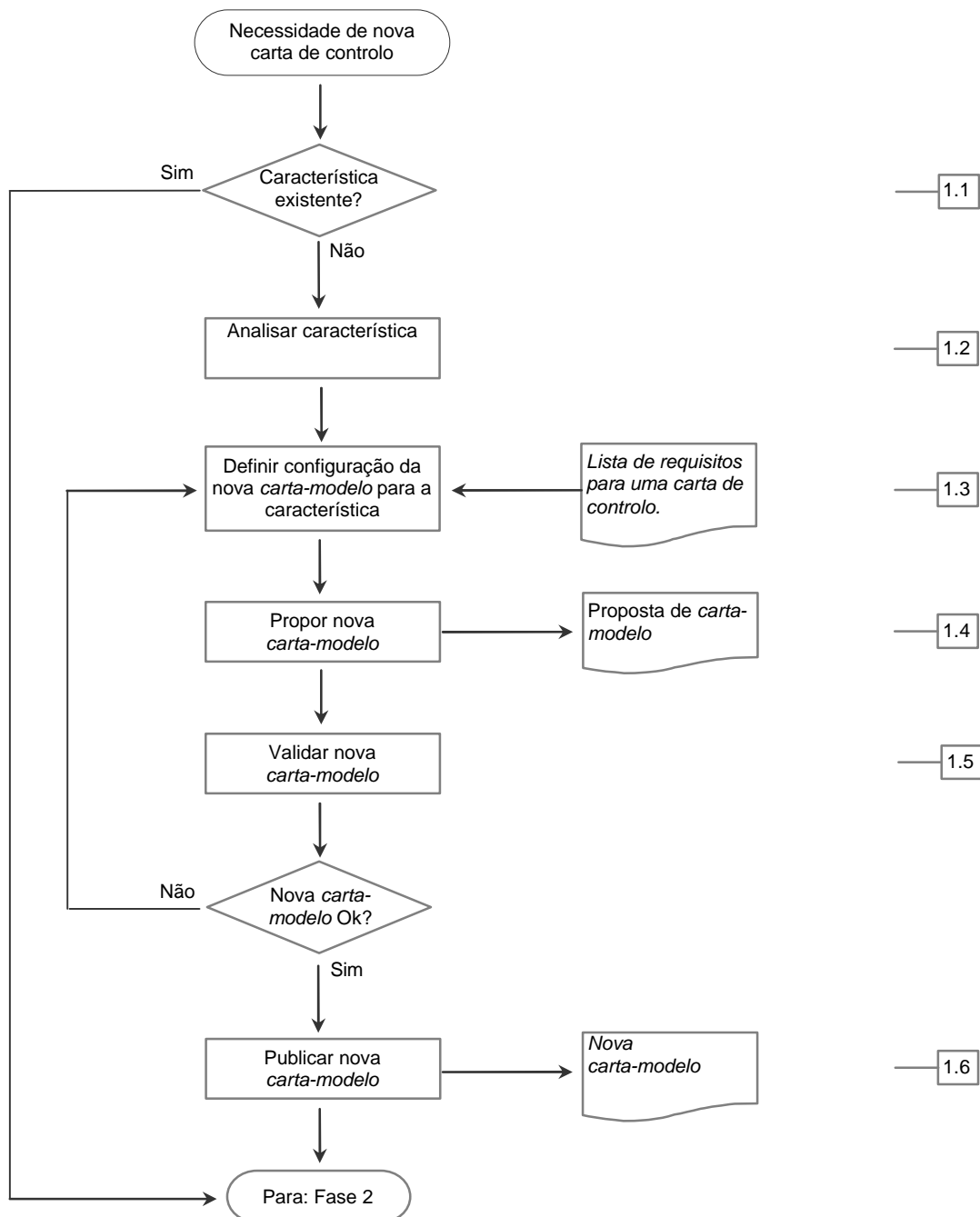


Figura 42 – Fase 1: Preparação – Criação de cartas-modelo.

Tabela 11 – Descrição de tarefas, resultados e responsabilidades de todos os passos do processo da Fase 1.

Process step		Function				Task	Result
		A	B	C	D		
1.1	Característica existente?		●			Verificar se a característica a controlar já existe no sistema de controlo estatístico, ou se é uma característica nova.	Decisão acerca da necessidade de criar uma nova <i>carta-modelo</i> .
1.2	Analisar característica		●	Ñ	Ñ	Análise detalhada da equipa de engenharia ao tipo de característica a controlar, nomeadamente para identificar toda a informação com ela relacionada que deve ser apresentada pela carta de controlo, além do tipo de limites e regras a aplicar. Como documento-guia para esta análise deve considerar-se a <i>Lista de requisitos de referência para uma carta de controlo</i> (Anexo A).	Definição da informação a apresentar pela carta de controlo.
1.3	Definir configuração da nova <i>carta-modelo</i> para a característica		●	Ñ	Ñ	Configuração da carta de controlo a propor como modelo para a nova característica, com base nos resultados de 1.2.	Carta de controlo a propor como novo modelo configurada de acordo com as necessidades identificadas.
1.4	Propor nova <i>carta-modelo</i>	○	●	Ñ	Ñ	Enviar ao coordenador de SPC a carta a propor como <i>carta-modelo</i> para a nova característica.	Proposta de nova <i>carta-modelo</i> submetida.
1.5	Validar nova <i>carta-modelo</i>	●				Avaliar a <i>carta-modelo</i> modelo proposta.	<i>Carta-modelo</i> proposta avaliada.
1.6	Nova <i>carta-modelo</i> Ok?	●	○			Decisão acerca da aceitação e publicação da <i>carta-modelo</i> proposta, com base nos resultados de 1.5.	<i>Carta-modelo</i> aceite ou enviada para revisão.
1.7	Publicar nova <i>carta-modelo</i>	●	○			Publicação da nova <i>carta-modelo</i> .	<i>Carta-modelo</i> publicada.
		A = Coordenador de SPC ● responsible B = QA/Q Ñ participating C = QA/P ○ to be informed D = Eng. Processo					

4.6.2 Fase 2: Implementação de novas cartas de controlo

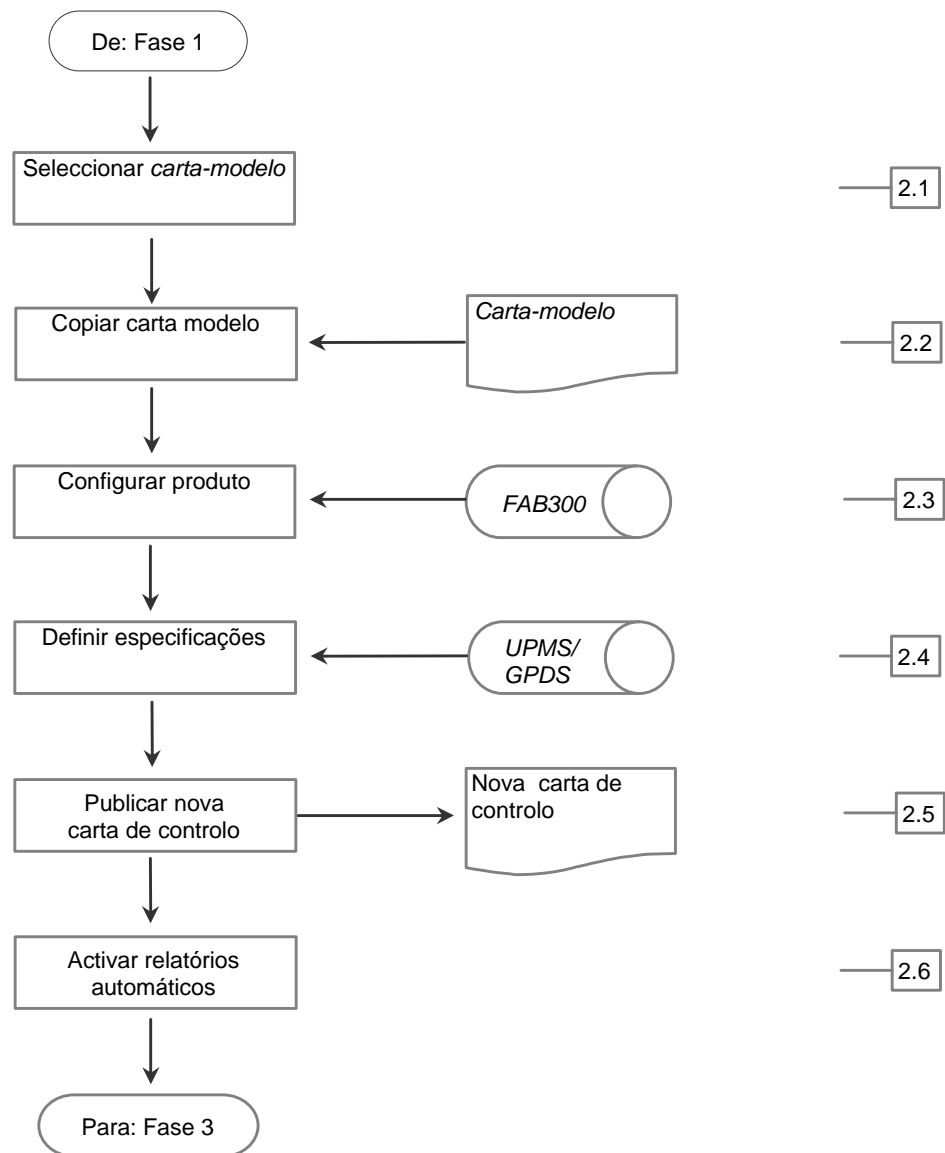


Figura 43 – Fase 2: Implementação de novas cartas de controlo.

Tabela 12 – Descrição de tarefas, resultados e responsabilidades de todos os passos do processo da Fase 2.

Process step		Function				Task	Result
		A	B	C	D		
2.1	Seleccionar <i>carta-modelo</i>		●			Seleccionar a <i>carta-modelo</i> correspondente à característica em causa.	<i>Carta-modelo</i> correspondente à característica identificada.
2.2	Copiar carta modelo		●			Fazer uma cópia da <i>carta-modelo</i> .	<i>Carta-modelo</i> copiada.
2.3	Configurar produto		●			Configurar o produto para a nova carta de controlo, de acordo com a sua designação no FAB300.	Carta de controlo configurada quanto ao produto.
2.4	Definir especificações		●		Ñ	Configurar os limites de especificação para a nova carta de controlo, do acordo com os dados na GPDS.	Carta de controlo configurada quanto aos limites de especificação.
2.5	<i>Publicar nova carta de controlo</i>	●				Publicar a nova carta de controlo.	Nova carta de controlo publicada.
2.5	Activar relatórios automáticos	●				Activar os relatórios automáticos no SPACE para a nova carta de controlo.	Relatórios automáticos no SPACE para a nova carta de controlo activados.
		A = Coordenador de SPC ● responsible B = QA/ Q Ñ participating C = QA/ P ○ to be informed D = Eng. Processo					

4.6.3 Fase 3: Monitorização do sistema

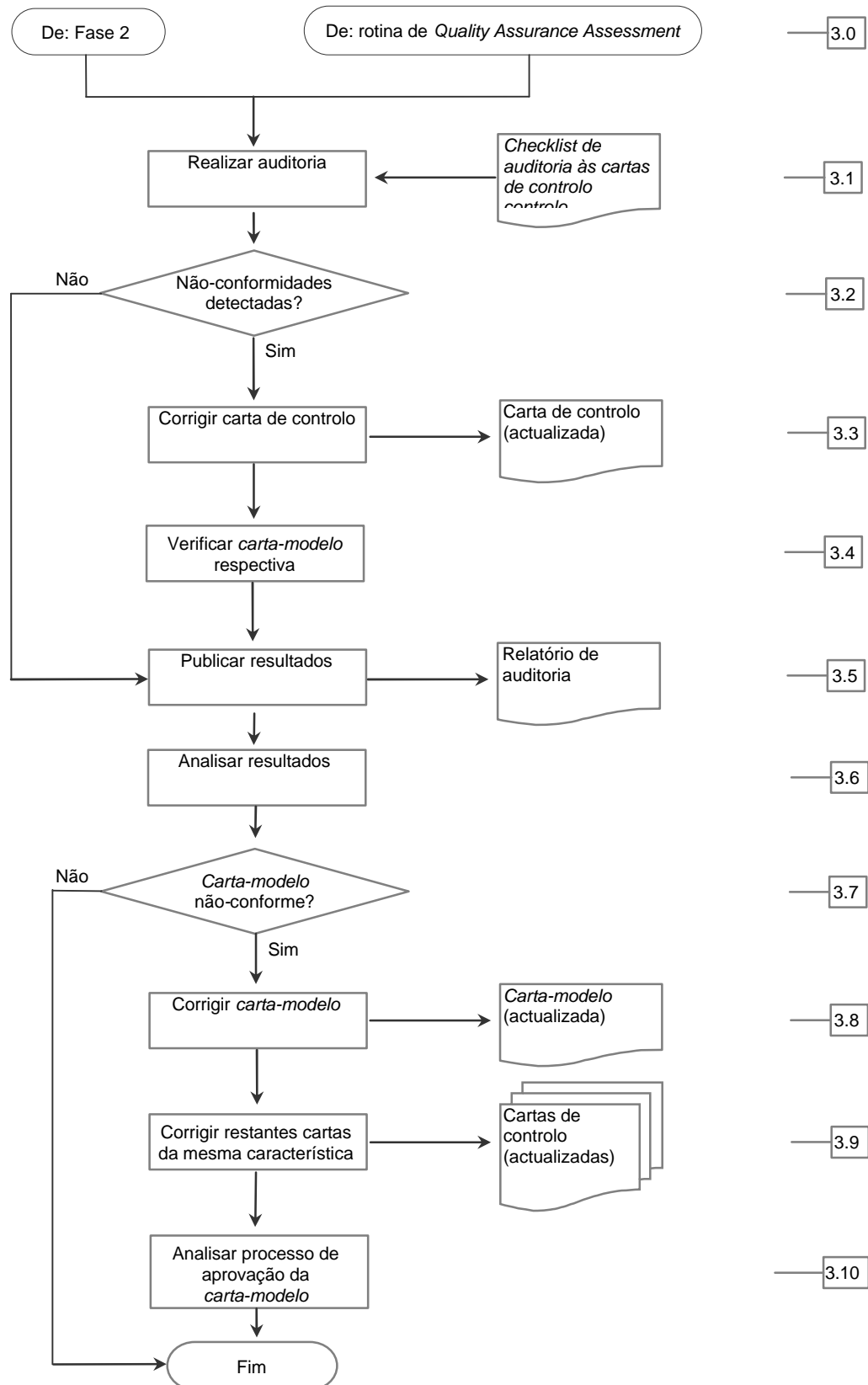


Figura 44 – Fase 3: Implementação de novas cartas de controlo.

Tabela 13 – Descrição de tarefas, resultados e responsabilidades de todos os passos do processo da Fase 3.

Process step		Function				Task	Result
		A	B	C	D		
3.0	(Entradas para início da fase)					O arranque do sub-processo “Monitorização do sistema” pode acontecer: - No seguimento de um sub-processo “Implementação de novas cartas de controlo”; - No âmbito de uma actividade de <i>Quality Assurance Assessment</i> .	Arranque do sub-processo.
3.1	Realizar auditoria			●		Realizar a auditoria à carta de controlo seguindo o documento <i>Checklist de auditoria às cartas de controlo</i> .	Carta de controlo auditada.
3.2	Não-conformidades detectadas?			●		Decidir acerca da necessidade de tomada de acções correctivas.	Tomada de decisão acerca da necessidade de tomada de acções correctivas.
3.3	Corrigir carta de controlo			●		Corrigir não-conformidades detectadas na carta de controlo.	Carta de controlo actualizada.
3.4	Verificar carta-modelo respectiva			●		Verificar se não-conformidade detectada na carta de controlo também se observa na <i>carta-modelo</i> dessa característica.	<i>Carta-modelo</i> verificada quanto às não-conformidades detectadas na carta de controlo.
3.5	Publicar resultados	○	○	●	○	Publicar os resultados da auditoria. O relatório consiste na <i>Checklist de auditoria às cartas de controlo</i> preenchida com os registos das observações para cada item.	Resultados da auditoria à carta de controlo publicados.
3.6	Analisar resultados	●				Analisar resultados da auditoria à carta de controlo e arquivar.	Resultados da auditoria à carta de controlo analisados e arquivados.
3.7	<i>Carta-modelo</i> não-conforme?	●				Averiguar da necessidade de acções correctivas na <i>carta-modelo</i> de acordo com os resultados de 3.6.	Decisão acerca da necessidade de acções correctivas na <i>carta-modelo</i> .
3.8	Corrigir <i>carta-modelo</i>	●				Correcção das não-conformidades observadas na <i>carta-modelo</i> .	<i>Carta-modelo</i> corrigida.
3.9	Corrigir restantes cartas da mesma característica	●				Correcção das não-conformidades observadas na <i>carta-modelo</i> em todas as restantes cartas de controlo da mesma característica.	Todas as cartas de controlo da característica em causa corrigidas quanto às não-conformidades detectadas na <i>carta-modelo</i> .
3.10	Analisar processo de aprovação da <i>carta-modelo</i>	●				Investigar origem do erro na <i>carta-modelo</i> . Avaliar a necessidade de implementar acções preventivas.	Processo de aprovação de <i>cartas-modelo</i> revisto.
		<div> <div> A = Coordenador de SPC B = QA/ Q C = QA/ P D = Eng. Processo </div> <div> ● responsible Ñ participating ○ to be informed </div> </div>					

4.7 Material de suporte

Tabela 14 – Lista de material de suporte (checklists, documentos, etc.).

<i>Checklist de auditoria às cartas de controlo</i>	TE0049611
<i>Lista de requisitos de referência de uma carta de controlo</i>	Anexo A

4.8 Elementos do processo

4.8.1 Entradas

Tabela 15 – Descrição das entradas do processo e dos requisitos necessários para atingir os resultados.

Entradas	Requisitos	Fornecedores das Entradas
Especificações de novos produtos	UPMS/ GPDS actualizadas	Product Qualification and Ramp Up process
Especificações de novos materiais.	UPMS/ GPDS actualizadas	Product Qualification and Ramp Up process
Novas características a controlar por SPC.	UPMS/ GPDS actualizadas Process Control Plan actualizado	Product Qualification and Ramp Up process Global Control Plan

4.8.2 Resultados

Tabela 16 – Descrição detalhada dos resultados do processo e dos requisitos dos seus clientes.

Resultados	Requisitos	Clientes dos resultados
Cartas de Controlo	<i>Lista de requisitos de referência de uma carta de controlo.</i>	QPT Wafer Level Assembly process, QPT Components Assembly process
Relatórios de auditorias às cartas de controlo	De acordo com <i>Checklist de auditoria às cartas de controlo</i> (TE0049611).	QPT Wafer Level Assembly process, QPT Components Assembly process,

4.8.3 Recursos

Técnicas

A definição das *cartas-modelo* é efectuada por discussão em equipa, entre a engenharia de QA/Q, QA/P e de Processo da área, das particularidades da nova característica a controlar, tendo em vista o documento-guia *Lista de requisitos de referência de uma carta de controlo*, e validada pelo *coordenador de SPC*.

A implementação de novas cartas de controlo no sistema é feita por cópia de uma das cartas-modelo definidas, seguida de validação pela *engenharia de QA/P* da área de processo em causa, com base na *Checklist de auditoria às cartas de controlo*.

A monitorização do sistema é efectuada através de auditorias trimestrais, área a área, efectuadas pela *engenharia de QA/P*. Os resultados são compilados e reportados pelo *coordenador de SPC*.

Pessoas

Tabela 17 – Descrição do conhecimento e experiência requeridos às pessoas que participam na realização do processo.

Função	Experiência	Conhecimento
Coordenador de SPC	= 3 anos de experiência no uso de SPC.	Conhecimentos de SPC de nível avançado.
Engenharia de Garantia da Qualidade / Processo (QA/P)	De acordo com a descrição da função de QA/P.	Conhecimentos de SPC de nível intermédio.
Engenharia de Garantia da Qualidade/ Qualificações (QA/Q)	De acordo com a descrição da função de QA/Q.	Conhecimentos de SPC de nível intermédio.
Engenharia de Processo	De acordo com a descrição da função de Engenharia de Processo	Conhecimentos de SPC de nível intermédio.

Meios

Tabela 18 – Descrição detalhada do tipo (p.e. materiais, área de trabalho, ferramentas, etc.) e dos requisitos (p.e. precisão, manutenção, calibração, etc.) dos meios que são necessários para atingir os resultados pretendidos.

Meios	Requisitos
SPACE	Disponibilidade permanente; bases de dados adequadas às necessidades da QPT.
Formação em SPC	Disponibilidade de formação para os diferentes níveis de necessidade consoante o papel no processo.

Procedimentos

Para instruções acerca do uso do SPACE consultar o documento *SPACE User Manual*.

4.8.4 Controlo de processo

Qualidade de saída (Eficácia)

Tabela 19 – Descrição detalhada dos indicadores quantitativos usados para avaliar os resultados do processo em função dos requisitos dos clientes (eficácia).

Indicador	Dimensão	Avaliação / Cálculo	Monitorização
Nível de conformidade das cartas de controlo auditadas	%	Nr. de itens Conforme / Nr. de itens controlados	Mensalmente no <i>Balanced Score Card</i> da secção de Engenharia de Garantia da Qualidade de Assembly

Performance do processo (Eficiência)

Tabela 20 – Descrição detalhada dos indicadores quantitativos usados para avaliar a eficiência do processo (p.e. custos, tempo, etc.)

Indicador	Dimensão	Avaliação / Cálculo	Monitorização
Percentagem de cartas corrigidas (indicador de retrabalho)	%	Nr. de cartas de controlo corrigidas / Nr. cartas de controlo do sistema	Mensalmente no <i>Balanced Score Card</i> da secção de Engenharia de Garantia da Qualidade de Assembly

4.8.5 Medidas em caso de desvios no processo

Tabela 21 – Descrição detalhada das medidas que o utilizador do processo deve tomar em caso de desvios (gestão de risco).

Desvio (alarme)	Acção
Nível de conformidade das cartas de controlo auditadas acima do objectivo	Aumentar frequência de monitorização das cartas; analisar causas sistémicas e rever processo.
Percentagem de cartas corrigidas (indicador de retrabalho) acima do objectivo	Aumentar frequência de monitorização das cartas; analisar causas sistémicas e rever processo.

4.9 Conclusão

Ficou assim concretizado o objectivo central deste trabalho: a definição de um processo de gestão das cartas de controlo na Qimonda Portugal. A sua estrutura seguiu o modelo já adoptado pela organização para a definição de todos os outros da sua matriz de processos, que foi apresentada no Capítulo 2.1.2. Todo o projecto foi desenvolvido tendo em vista a informação recolhida sobre o estado da estrutura existente de cartas de controlo, discutida no Capítulo 3, com o objectivo de endereçar as carências aí identificadas.

5 Conclusões e sugestões para trabalho futuro

O processo apresentado no Capítulo 4 materializa a solução para o desafio a que este trabalho se propunha responder: a documentação e implementação de um processo de gestão de cartas de controlo na Qimonda Portugal.

A estratégia seguida foi a de subdividir o processo em três sub-processos: *Preparação – criação de modelos*, *Implementação de novas cartas de controlo* e *Monitorização do sistema*. Conforme discutido, o *SPACE* é uma ferramenta extremamente versátil, capaz de se adaptar a quase todo o tipo de necessidades que possam existir no âmbito da implementação de sistemas de controlo estatístico de processo. Mas isso também implica que as suas cartas de controlo tenham dezenas de parâmetros configuráveis. Isto torna a configuração das cartas numa tarefa extremamente morosa, à qual é necessário dedicar muito tempo e ponderação para obter um bom resultado. A rápida sucessão de novos projectos que actualmente se observa na Qimonda Portugal, traduz-se numa necessidade de implementação de novas cartas de controlo com uma elevada frequência, o que limita a capacidade das equipas de engenharia envolvidas de analisarem cuidadosa e demoradamente a sua configuração, aumentando, assim, a probabilidade de erro. A divisão do procedimento de implementação de novas cartas de controlo numa primeira fase, de criação de *cartas-modelo*, que depois são copiadas para todos os conjuntos de características e produtos semelhantes, vem precisamente endereçar essa dificuldade. O esforço de análise ponderada das configurações passa a estar concentrado na criação das *cartas-modelo*. Estas são depois copiadas para todos os novos pares de característica/produto com que sejam compatíveis, garantindo-se assim a reprodução de ‘bons exemplos’. Só quando surge a necessidade de se criar uma carta com características diferentes das dos modelos já existentes, é que se repete a tarefa de configuração mais exaustiva.

Esta nova abordagem permite uma melhoria do nível de eficácia do processo, dado que a reduzida frequência com que há necessidade de implementar novas *cartas-modelo* permite às equipas de engenharia dedicarem-lhe um maior esforço de análise e configuração, melhorando o resultado final. Por outro lado, permite também uma elevada eficiência, dado que a implementação de novas cartas de controlo passa a consistir apenas na cópia de um modelo já existente, seguida de um conjunto reduzido de configurações (apenas o produto, as especificações e a activação dos relatórios automáticos), o que torna todo o processo muito rápido.

Ainda neste âmbito, destaca-se a definição de indicadores quantitativos de performance para o processo, tanto ao nível da sua eficácia como da sua eficiência. Assim se poderá acompanhar continuamente a sua evolução a estes dois níveis, o que permitirá identificar oportunidades de melhoria que, endereçadas, levarão à optimização contínua do sistema.

Todo este processo de definição de um processo de gestão das cartas de controlo não teria tido hipótese de sucesso se não estivesse alicerçado num conhecimento profundo da estrutura sobre a qual iria trabalhar. Foi por isso fundamental todo o trabalho desenvolvido na preparação e realização da auditoria ao estado das cartas de controlo em uso à data, discutido no Capítulo 3. Deste trabalho resultaram:

- Um conhecimento detalhado de toda a estrutura de suporte às cartas de controlo, incluindo as particularidades de cada área de processo;
- A definição de uma lista de requisitos de referência para um bom nível de serviço de uma carta de controlo, instrumento que poderá ser muito útil no futuro, quer

como suporte às actividades de engenharia no âmbito da configuração de cartas de controlo, quer mesmo como elemento de suporte à formação na área de controlo estatístico de processo;

- A definição de uma *checklist* específica para a auditoria de cartas de controlo, instrumento que foi depois aproveitado no processo de gestão definido, na sua fase de monitorização contínua de performance;

O conhecimento do estado geral, ao nível da sua configuração, das cartas de controlo na Qimonda Portugal, com a identificação das carências mais importantes, globalmente e em cada uma das áreas.

Ficaram assim cumpridos os objectivos essenciais a que este trabalho se propunha. Não ficam no entanto, obviamente, esgotadas as oportunidades de melhoria que o sistema de controlo estatístico da Qimonda Portugal encerra, pelo que se deixam de seguida algumas sugestões para trabalho futuro a desenvolver neste âmbito.

Logo à partida, é importante reconhecer que, de facto, os resultados obtidos na auditoria ao estado das cartas de controlo ficaram bastante aquém do esperado. Naturalmente se espera que o processo proposto venha dar um contributo decisivo na melhoria da situação. Mas a sua influência vai sentir-se sobretudo nas cartas novas que forem sendo criadas, em paralelo com a actualização do *portfólio* de produtos da empresa. No entanto, esta substituição natural será sempre um processo muito prolongado no tempo, pelo que se propõe o planeamento de uma acção pontual de actualização das cartas já existentes. Dada a extensão da tarefa, propõe-se uma selecção dos produtos mais relevantes para o negócio da empresa no presente e para o futuro, deixando de parte aqueles que se encontrem já próximos do seu fim de vida.

Como se verificou, este trabalho incidiu essencialmente na forma de configuração das cartas de controlo existentes, ao nível da informação apresentada e das regras de controlo de violações activadas no sistema. Ficou por analisar uma questão fundamental do seu funcionamento: a adequação dos limites de controlo implementados e a respectiva monitorização. Evidentemente que este não é um assunto ignorado na organização. No entanto ele é tratado de uma forma diferente de área para área, e mesmo de processo para processo, com práticas muitas vezes definidas apenas com base na experiências das outras fábricas da Qimonda em que os processos já estavam implementados há mais tempo, mas sem uma análise crítica relevante à sua adequação. Valeria a pena, por isso, fazer um estudo cuidado deste assunto, com a definição de *melhores-práticas* a adoptar pelas diferentes áreas.

Finalmente, logo de início se partiu para este trabalho dizendo que em todos os processos se usam as cartas \bar{x} , s. Novamente, isto acontece porque foram seguidas as práticas já anteriormente estabelecidas noutros *back-ends* da corporação e pela necessidade de ter práticas sincronizadas entre as diversas fábricas. No entanto, nada impede que, caso isso se justifique, se proponha a toda a organização a mudança para outro tipo de cartas eventualmente mais eficazes para determinadas aplicações específicas. Como se sabe, existem cartas de controlo mais sensíveis na detecção de causas especiais de variação, de que são exemplo as cartas *CUSUM* e *EWMA*, e outras que permitem economia de recursos, pelo uso de estratégias amostragem de frequências ou dimensões variáveis. Todas estas áreas são potenciais oportunidades de melhoria ainda por explorar.

6 Bibliografia

- Grant, E. L., e Leavenworth, R. L. (1982). “Statistical Quality Control”, 5th Edition, McGraw Hill.
- Montgomery, Douglas C. (2001). “Introduction to Statistical Quality Control”, 4th Edition, WILEY.
- Oakland, John S., (2003). “Statistical Process Control”, 5th Edition, Butterworth Heinemann.
- AIAG (1995). “Statistical Process Control Reference Manual.”, QS9000.
- Wagner, Thomas (2006). “QM Tool Description – Statistical Process Control”, Infineon AG.
- Wagner, Thomas (2007). “Guideline – Statistical Process Control”, Rev. 6, Infineon AG.
- (2006) “Lineworks SPACE – User Guide”, Revision 5.1, CAMLINE.
- Born, Gary (2005). “Process Management to Quality Improvement” John Wiley & Sons.
- Gonçalves, J. E. L. (2000). “As Empresas São Grandes Coleções De Processos”, Revista de Administração de Empresas, Vol. 40, nr.1
- GARVIN, David (1998). “The processes of organization and management.” Sloan Management Review, Vol. 39, nr. 4.
- (2001) “Candidatura ao Prémio de Excelência do Sistema Português de Qualidade”, Infineon Technologies – Fabrico de Semicondutores, Portugal S.A.

7 Anexos

Lista de anexos incluídos:

- ANEXO A - PD0049621 – Gestão de Cartas de Controlo Estatístico de Processo 66
- ANEXO B - Tabelas de Constantes para a Construção de Cartas de Controlo 85
- ANEXO C - Lista de Características Controladas em Cada Área de Processo no Sistema de SPC da Qimonda Portugal 88
- ANEXO D - A de Requisitos de Referência para o Bom Serviço de uma Carta de Controlo 90
- ANEXO E - Checklist de Auditoria às Cartas de Controlo 94

Anexo A

Descrição de Processo:

PD0049621 – Gestão de Cartas de Controlo Estatístico de Processo



Descrição de Processo

GESTÃO DE CARTAS DE CONTROLO ESTATÍSTICO DE PROCESSO

Alterações em comparação com a versão anterior:

Versão	Autor	Data	Alterações mais relevantes

Aprovação:

Função	Nome	Departamento	Data	Assinatura

Lista de distribuição:

Autor:	Criador:	Doc. Nr:	Versão:	Data:	Estado:	Page/Pages
Luís Faria	Luís Faria	PD0049821.1	1.0	2008-06-25		1/18

Tabela de Conteúdos

1	MISSÃO / ÂMBITO.....	3
2	ABREVIACÕES / TERMINOLOGIA	3
3	RESPONSABILIDADES	4
4	REFERÊNCIAS	4
5	RESUMO DO PROCESSO.....	5
6	FLUXOS DE PROCESSO.....	7
6.1	FASE 1: PREPARAÇÃO – CRIAÇÃO DE CARTAS-MODELO	7
6.2	FASE 2: IMPLEMENTAÇÃO DE NOVAS CARTAS DE CONTROLO.....	9
6.3	FASE 3: MONITORIZAÇÃO DO SISTEMA.....	11
7	MATERIAL DE SUPORTE.....	13
8	ELEMENTOS DO PROCESSO	13
8.1	ENTRADAS.....	13
8.2	RESULTADOS	13
8.3	RECURSOS.....	13
8.3.1	Técnicas.....	13
8.3.2	Pessoas.....	14
8.3.3	Meios.....	14
8.3.4	Procedimentos.....	14
8.4	CONTROLO DE PROCESSO.....	14
8.4.1	Qualidade de Saída (Eficácia).....	14
8.4.2	Performance do Processo (Eficiência).....	14
8.5	MEDIDAS EM CASO DE DESVIOS NO PROCESSO.....	15
9	ANEXOS.....	16

Autor:	Criador:	Doc. Nr:	Versão:	Data:	Estado:	Page/Pages
Luís Faria	Luís Faria	PD0049621.1	1.0	2008-06-25		2/18

1 Missão / Âmbito

Missão

Propósito / objectivo do processo

Este documento pretende descrever o processo de gestão de *cartas de controlo estatístico de processo* na Qimonda Portugal.

Âmbito

Limites de validade do processo

Os Planos de Controlo de Processo das áreas de produção da Qimonda Portugal definem que algumas características de produto têm de ser controladas através de *controlo estatístico de processo*. Este documento aplica-se às *cartas de controlo* usadas para a monitorização dessas características.

2 Abreviações / Terminologia

Explicação / definição de abreviações e termos usados na descrição do processo

Abreviação / Termo	Explicação / Definição
QPT	Qimonda Portugal.
QAG	Qimonda AG.
Controlo estatístico de processo (SPC)	Conjunto de metodologias que, com base em métodos estatísticos, têm por fim garantir a estabilidade dos processos e maximizar a sua capacidade através da redução sistemática da sua variabilidade.
Cartas de controlo	Ferramenta de SPC que tem por objectivo primordial detectar e alertar para a ocorrência de causas especiais de variação nos processos em que são aplicadas.
Carta-modelo	Carta de controlo com uma configuração optimizada, tendo em vista a maximização do nível de serviço prestado ao seu utilizador.
FAB300	Software de suporte à gestão de produção na QPT
UPMS/ GPDS	Base de dados de suporte à sincronização de processos entre as diferentes fábricas da QAG, contendo as especificações de produto e os parâmetros de processo aplicáveis em toda a organização.
Quality Assurance Assessment	Actividades periódicas de auto-avaliação das áreas de processo focadas nos procedimentos de garantia de qualidade.
Balanced Score Card	Ferramenta de suporte à gestão estratégica e operacional da QPT, na qual se definem metas e objectivos para os diferentes níveis da organização, que são acompanhados mensalmente.
SPACE	Software de suporte ao sistema de controlo estatístico de processo na Qimonda Portugal.

Autor:	Criador:	Doc. Nr:	Versão:	Data:	Estado:	Page/Pages
Luís Faria	Luís Faria	PD0049621.1	1.0	2008-06-25		3/18

3 Responsabilidades

Descrição das responsabilidades de todas as funções que participam no processo (ver secção 6)

Função	Responsabilidades
Coordenador de SPC	Responsável pela coordenação de todo o sistema de controlo estatístico de processo na Qimonda Portugal.
Engenharia de Garantia da Qualidade / Processo (QA/P)	Responsáveis pela gestão dos planos de controlo das áreas de processo a que estão afectos, ao nível do SPC são responsáveis pela estruturação do sistema. Definem a parametrização das cartas de controlo, controlam o cumprimento dos planos de amostragem e reportam mensalmente os resultados da área.
Engenharia de Garantia da Qualidade/ Qualificações (QA/Q)	Dão suporte na área da Gestão da Qualidade aos projectos de desenvolvimento e criação de novos produtos. São responsáveis pela preparação do sistema de SPC para a introdução de um novo produto, nomeadamente pela criação de todas as novas cartas de controlo que possam ser necessárias.
Engenharia de Processo	Responsáveis pelo acompanhamento directo dos resultados de SPC das suas operações, analisando o nível de alarmes e os índices de capacidade de processo e implementando acções de melhoria sempre que necessário.

4 Referências

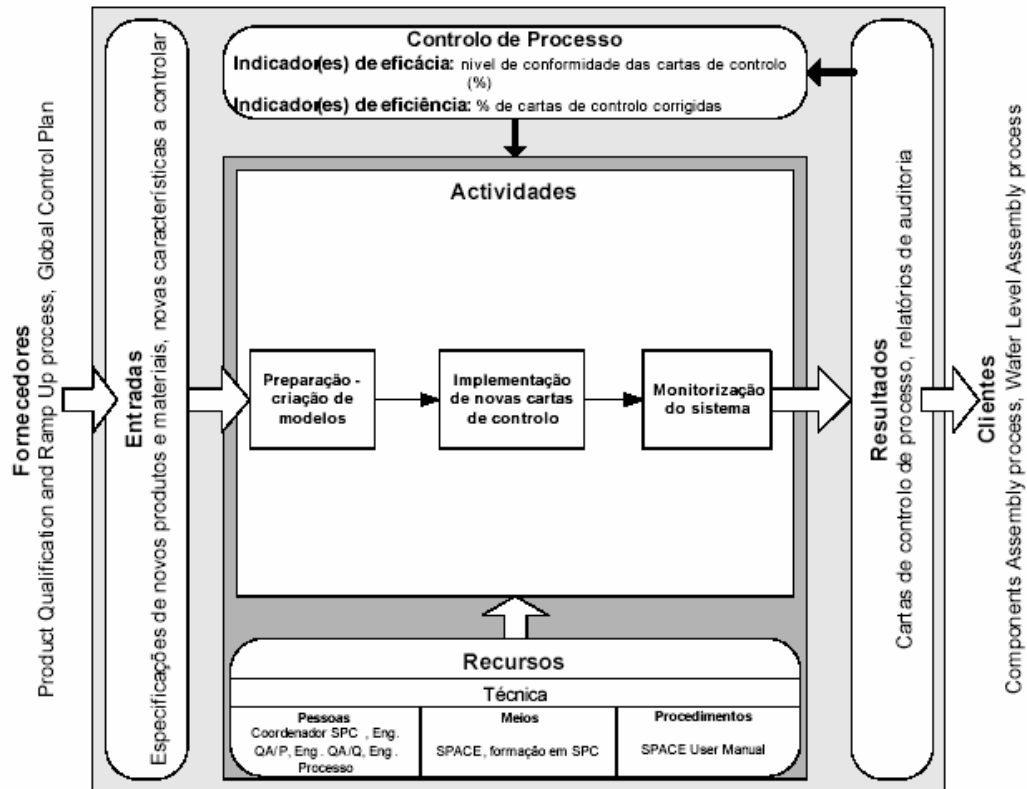
Referências a outros documentos

Título	Número	Fonte
Checklist de auditoria às cartas de controlo	TE0049611	QPT QM
Quality Assurance Assessment	PI002868	QPT QM
Process Description: Statistical Process Control (SPC)	A66500-T0002-X-*-7635	http://intra.muc.infineon.com/statistical_methods/index.htm (Jun/08)
SPC Guideline	A66500-M0007-X-*-7635	http://intra.muc.infineon.com/statistical_methods/index.htm (Jun/08)
SPACE User Manual	N/A	QPT IT
QS9000 / SPC Reference Manual	N/A	QPT QM

Autor: Luís Faria	Criador: Luís Faria	Doc. Nr: PD0049621.1	Versão: 1.0	Data: 2008-06-25	Estado:	Page/Pages 4/18
----------------------	------------------------	-------------------------	----------------	---------------------	---------	--------------------

5 Resumo do Processo

Técnica e (sub)processos / fases do processo a executar para produzir os resultados requeridos



Técnica

Curta descrição da técnica ou abordagem usada no processo

A definição das *cartas-modelo* é efectuada por discussão em equipa, entre a engenharia de QA/Q, QA/P e de Processo da área, das particularidades da nova característica a controlar, tendo em vista o documento-guia *Lista de requisitos de referência para uma carta de controlo (Anexo A)*, e validada pelo *coordenador de SPC*.

A implementação de novas cartas de controlo no sistema é feita por cópia de uma das cartas-modelo definidas, seguida de validação pela *engenharia de QA/P* da área de processo em causa, com base na *Checklist de auditoria às cartas de controlo*.

A monitorização do sistema é efectuada através de auditorias trimestrais, área a área, efectuadas pela *engenharia de QA/P* no âmbito das actividades de *Quality Assurance Assessment*. Os resultados são compilados e reportados pelo *coordenador de SPC*.

Fases

Curta descrição do objectivo das fases apresentadas no resumo do processo

Fase 1: Preparação – criação de modelos

Nesta fase definem-se *cartas-modelo* que vão servir de base à criação de novas cartas de controlo. Esta fase só é aplicável quando a carta de controlo a criar diz respeito a uma nova característica de produto, até aí não contemplada pelo sistema de controlo estatístico de processo. A configuração de cada uma das *cartas-modelo* é discutida em detalhe, tendo em conta o tipo de característica a controlar e usando como base o documento-guia *"Lista de requisitos de referência de uma carta de controlo"*, envolvendo a engenharia de QA/Q, QA/P e de Processo da área. No final é validada e publicada pelo *coordenador de SPC*.

Autor:	Criador:	Doc. Nr:	Versão:	Data:	Estado:	Page/Pages
Luís Faria	Luís Faria	PD0049621.1	1.0	2008-06-25		5/18

Fase 2: Implementação de novas cartas de controlo

Nesta fase criam-se as novas cartas de controlo. O processo inicia-se pela selecção do modelo adequado – existe um modelo para cada característica implementada – que é copiado para criar a nova carta. Depois apenas necessita de ser configurada quanto à designação do produto e às especificações aplicáveis.

Fase 3: Monitorização do sistema

Nesta fase procede-se à monitorização do sistema através de auditorias às cartas de controlo. Estas auditorias podem ser desencadeadas em dois âmbitos: auditoria inicial de validação de uma nova carta; auditoria de monitorização cíclica, incluída nas actividades de *Quality Assurance Assessment* de cada área de processo.

As auditorias são conduzidas com base na *Checklist de auditoria às cartas de controlo* e são efectuadas pela *engenharia de QA/P*, que fica também responsável pelo seguimento das acções correctivas que possam resultar. Os resultados são compilados e reportados pelo *coordenador de SPC*.

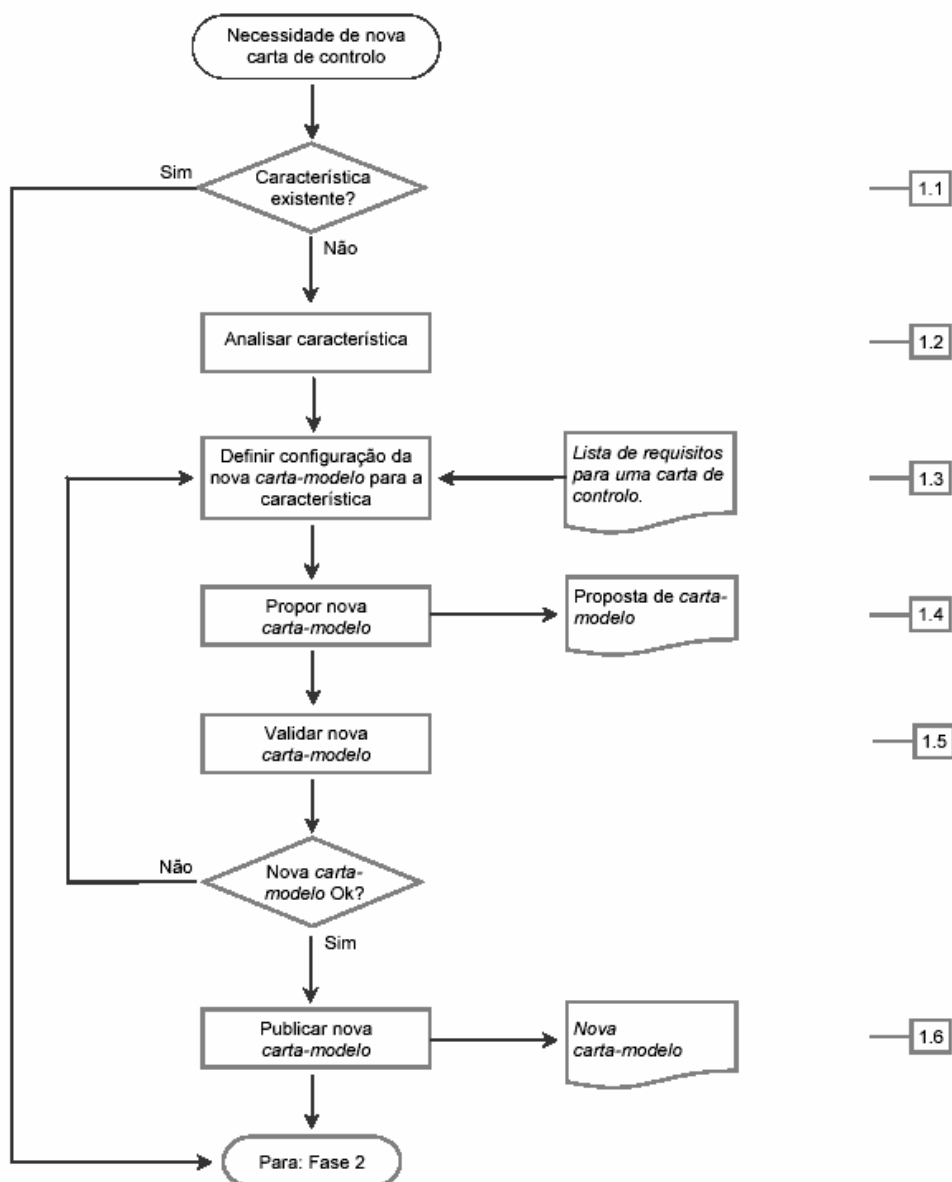
Nota: para detalhes adicionais acerca dos elementos do processo consultar secções 8.1 a 8.5.

Autor:	Criador:	Doc. Nr:	Versão:	Data:	Estado:	Page/Pages
Luís Faria	Luís Faria	PD0049621.1	1.0	2008-06-25		6/18

6 Fluxos de Processo

Fluxos de processo detalhados para todas as fases de processo apresentadas no resumo de processo (secção 5): apresentam-se as sequências de passos do processo, os seus responsáveis e os seus participantes, bem como as tarefas e os resultados de cada um dos passos.

6.1 Fase 1: Preparação – Criação de *cartas-modelo*



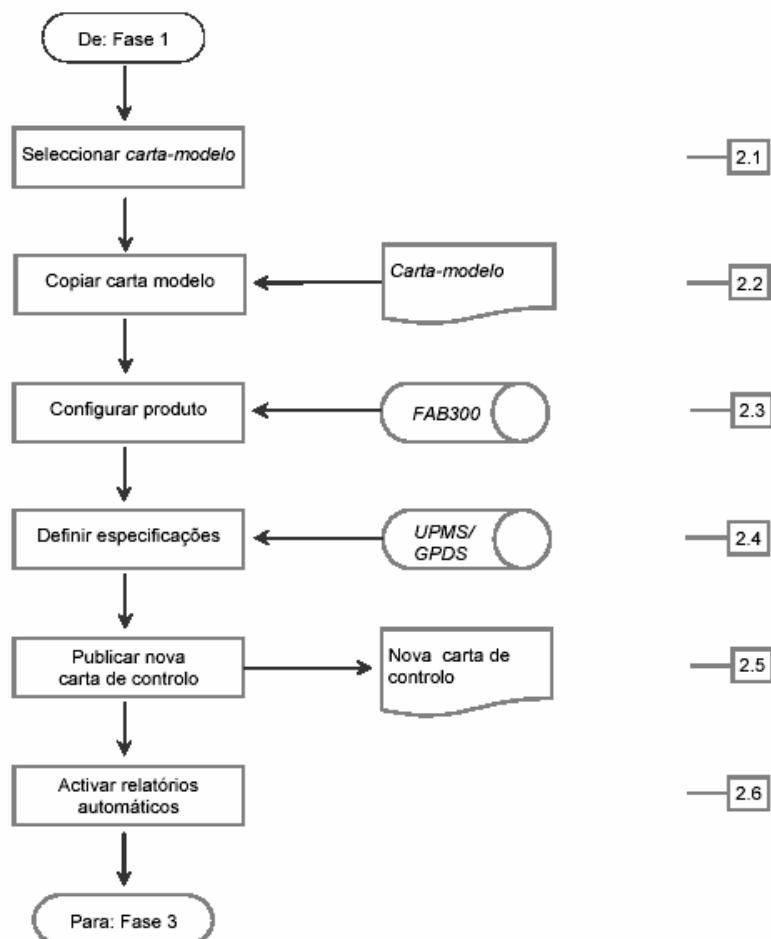
Autor:	Criador:	Doc. Nr:	Versão:	Data:	Estado:	Page/Pages
Luís Faria	Luís Faria	PD0049621.1	1.0	2008-06-25		7/18

Descrição de tarefas, resultados e responsabilidades de todos os passos do processo da Fase 1:

Process step		Function							Task	Result
		A	B	C	D					
1.1	Característica existente?		●						Verificar se a característica a controlar já existe no sistema de controlo estatístico, ou se é uma característica nova.	Decisão acerca da necessidade de criar uma nova <i>carta-modelo</i> .
1.2	Analisar característica		●	▽	▽				Análise detalhada da equipa de engenharia ao tipo de característica a controlar, nomeadamente para identificar toda a informação com ela relacionada que deve ser apresentada pela carta de controlo, além do tipo de limites e regras a aplicar. Como documento-guia para esta análise deve considerar-se a <i>Lista de requisitos de referência para uma carta de controlo</i> (Anexo A).	Definição da informação a apresentar pela carta de controlo.
1.3	Definir configuração da nova <i>carta-modelo</i> para a característica		●	▽	▽				Configuração da carta de controlo a propor como modelo para a nova característica, com base nos resultados de 1.2.	Carta de controlo a propor como novo modelo configurada de acordo com as necessidades identificadas.
1.4	Propor nova <i>carta-modelo</i>	○	●	▽	▽				Enviar ao coordenador de SPC a carta a propor como <i>carta-modelo</i> para a nova característica.	Proposta de nova <i>carta-modelo</i> submetida.
1.5	Validar nova <i>carta-modelo</i>	●							Avaliar a <i>carta-modelo</i> modelo proposta.	<i>Carta-modelo</i> proposta avaliada.
1.6	Nova <i>carta-modelo</i> Ok?	●	○						Decisão acerca da aceitação e publicação da <i>carta-modelo</i> proposta, com base nos resultados de 1.5.	<i>Carta-modelo</i> aceite ou enviada para revisão.
1.7	Publicar nova <i>carta-modelo</i>	●	○						Publicação da nova <i>carta-modelo</i> .	<i>Carta-modelo</i> publicada.
		A = Coordenador de SPC B = QA/ Q C = QA/ P D = Eng. Processo ● responsible ▽ participating ○ to be informed								

Autor: Luís Faria	Criador: Luís Faria	Doc. Nr: PD0049621.1	Versão: 1.0	Data: 2008-06-25	Estado:	Page/Pages 8/18
----------------------	------------------------	-------------------------	----------------	---------------------	---------	--------------------

6.2 Fase 2: Implementação de novas cartas de controlo



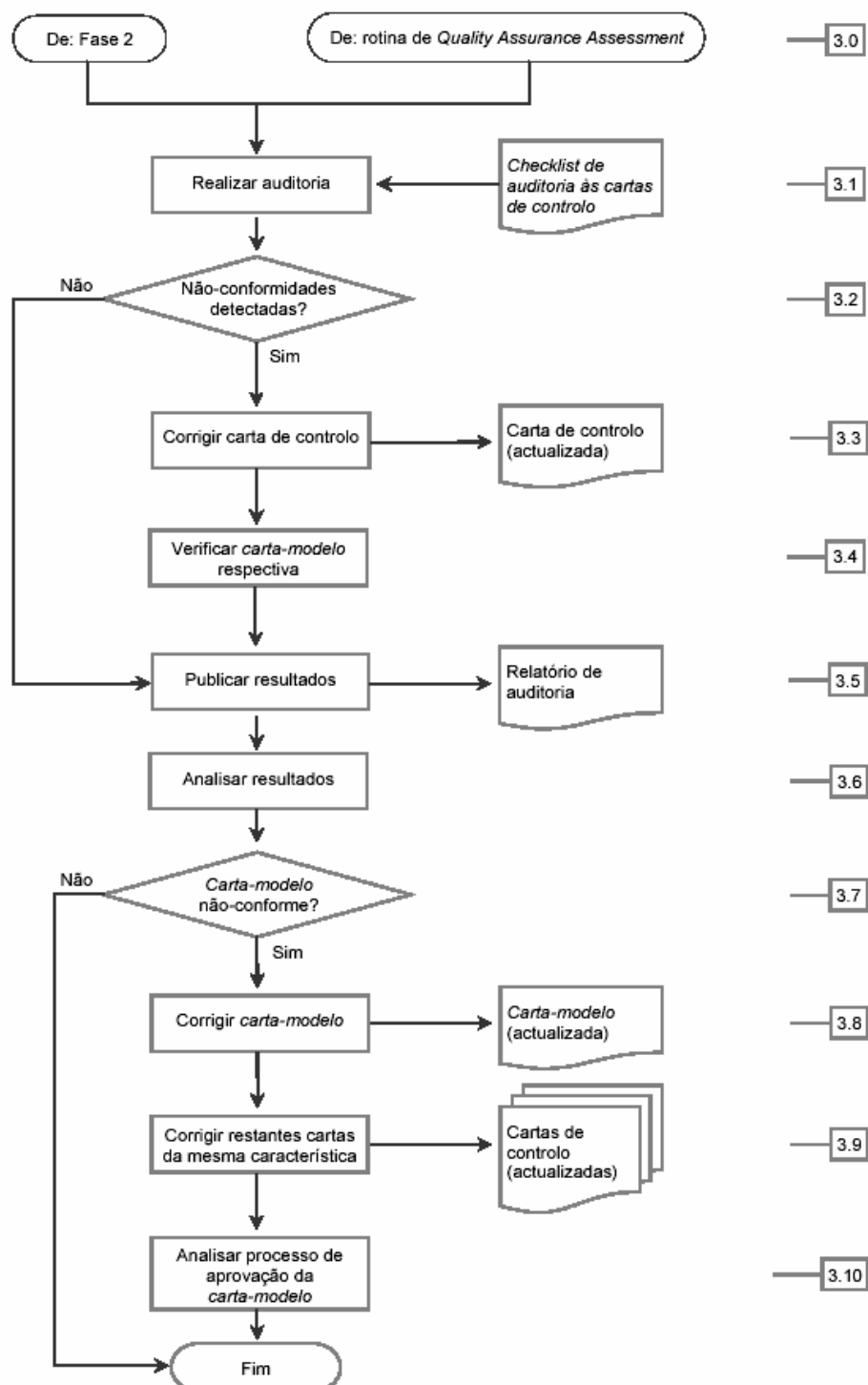
Autor: Luís Faria	Criador: Luís Faria	Doc. Nr: PD0049621.1	Versão: 1.0	Data: 2008-06-25	Estado:	Page/Pages 9/18
----------------------	------------------------	-------------------------	----------------	---------------------	---------	--------------------

Descrição de tarefas, resultados e responsabilidades de todos os passos do processo da Fase 2:

Process step		Function							Task	Result
		A	B	C	D					
2.1	Seleccionar carta-modelo		●						Seleccionar a carta-modelo correspondente à característica em causa.	Carta-modelo correspondente à característica identificada.
2.2	Copiar carta modelo		●						Fazer uma cópia da carta-modelo.	Carta-modelo copiada.
2.3	Configurar produto		●						Configurar o produto para a nova carta de controlo, de acordo com a sua designação no FAB300.	Carta de controlo configurada quanto ao produto.
2.4	Definir especificações		●		▽				Configurar os limites de especificação para a nova carta de controlo, do acordo com os dados na GPDS.	Carta de controlo configurada quanto aos limites de especificação.
2.5	Publicar nova carta de controlo	●							Publicar a nova carta de controlo.	Nova carta de controlo publicada.
2.5	Activar relatórios automáticos	●							Activar os relatórios automáticos no SPACE para a nova carta de controlo.	Relatórios automáticos no SPACE para a nova carta de controlo activados.
		<p> A = Coordenador de SPC B = QA/ Q C = QA/ P D = Eng. Processo </p> <p> ● responsible ▽ participating ○ to be informed </p>								

Autor: Luís Faria	Criador: Luís Faria	Doc. Nr: PD0049621.1	Versão: 1.0	Data: 2008-06-25	Estado:	Page/Pages 10/18
----------------------	------------------------	-------------------------	----------------	---------------------	---------	---------------------

6.3 Fase 3: Monitorização do sistema



Autor:	Criador:	Doc. Nr:	Versão:	Data:	Estado:	Page/Pages
Luis Faria	Luis Faria	PD0049621.1	1.0	2008-06-25		11/18

Descrição de tarefas, resultados e responsabilidades de todos os passos do processo da Fase 3:

Process step		Function								Task	Result
		A	B	C	D						
3.0	(Entradas para início da fase)									O arranque do sub-processo "Monitorização do sistema" pode acontecer: - No seguimento de um sub-processo "Implementação de novas cartas de controlo"; - No âmbito de uma actividade de <i>Quality Assurance Assessment</i> .	Arranque do sub-processo.
3.1	Realizar auditoria			●						Realizar a auditoria à carta de controlo seguindo o documento <i>Checklist de auditoria às cartas de controlo</i> .	Carta de controlo auditada.
3.2	Não-conformidades detectadas?			●						Decidir acerca da necessidade de tomada de acções correctivas.	Tomada de decisão acerca da necessidade de tomada de acções correctivas.
3.3	Corrigir carta de controlo			●						Corrigir não-conformidades detectadas na carta de controlo.	Carta de controlo actualizada.
3.4	Verificar carta-modelo respectiva			●						Verificar se não-conformidade detectada na carta de controlo também se observa na <i>carta-modelo</i> dessa característica.	<i>Carta-modelo</i> verificada quanto às não-conformidades detectadas na carta de controlo.
3.5	Publicar resultados	○	○	●	○					Publicar os resultados da auditoria. O relatório consiste na <i>Checklist de auditoria às cartas de controlo</i> preenchida com os registos das observações para cada item.	Resultados da auditoria à carta de controlo publicados.
3.6	Analisar resultados	●								Analisar resultados da auditoria à carta de controlo e arquivar.	Resultados da auditoria à carta de controlo analisados e arquivados.
3.7	<i>Carta-modelo</i> não-conforme?	●								Averiguar da necessidade de acções correctivas na <i>carta-modelo</i> de acordo com os resultados de 3.6.	Decisão acerca da necessidade de acções correctivas na <i>carta-modelo</i> .
3.8	Corrigir <i>carta-modelo</i>	●								Correcção das não-conformidades observadas na <i>carta-modelo</i> .	<i>Carta-modelo</i> corrigida.
3.9	Corrigir restantes cartas da mesma característica	●								Correcção das não-conformidades observadas na <i>carta-modelo</i> em todas as restantes cartas de controlo da mesma característica.	Todas as cartas de controlo da característica em causa corrigidas quanto às não-conformidades detectadas na <i>carta-modelo</i> .
3.10	Analisar processo de aprovação da <i>carta-modelo</i>	●								Investigar origem do erro na <i>carta-modelo</i> . Avaliar a necessidade de implementar acções preventivas.	Processo de aprovação de <i>cartas-modelo</i> revisto.
		A = Coordenador de SPC B = QA/ Q C = QA/ P D = Eng. Processo								● responsible ▽ participating ○ to be informed	

Autor:	Criador:	Doc. Nr:	Versão:	Data:	Estado:	Page/Pages
Luís Faria	Luís Faria	PD0049621.1	1.0	2008-06-25		12/18

7 Material de suporte

Lista de material de suporte (checklists, documentos, etc.)

Checklist de auditoria às cartas de controlo	TE0049611
Lista de requisitos de referência de uma carta de controlo	Anexo A

8 Elementos do Processo

8.1 Entradas

Descrição detalhada das entradas do processo e dos requisitos necessários para atingir os resultados pretendidos

Entradas	Requisitos	Fornecedores das Entradas
Especificações de novos produtos	UPMS/ GPDS actualizadas	Product Qualification and Ramp Up process
Especificações de novos materiais.	UPMS/ GPDS actualizadas	Product Qualification and Ramp Up process
Novas características a controlar por SPC.	UPMS/ GPDS actualizadas Process Control Plan actualizado	Product Qualification and Ramp Up process Global Control Plan

8.2 Resultados

Descrição detalhada dos resultados do processo e dos requisitos dos seus clientes

Resultados	Requisitos	Cientes dos resultados
Cartas de Controlo	Lista de requisitos de referência de uma carta de controlo.	QPT Wafer Level Assembly process, QPT Components Assembly process
Relatórios de auditorias às cartas de controlo	De acordo com Checklist de auditoria às cartas de controlo (TE0049611).	QPT Wafer Level Assembly process, QPT Components Assembly process,

8.3 Recursos

8.3.1 Técnicas

Descrição da técnica ou abordagem utilizada no processo

A definição das *cartas-modelo* é efectuada por discussão em equipa, entre a engenharia de QA/Q, QA/P e de Processo da área, das particularidades da nova característica a controlar, tendo em vista o documento-guia *Lista de requisitos de referência de uma carta de controlo*, e validada pelo *coordenador de SPC*.

A implementação de novas cartas de controlo no sistema é feita por cópia de uma das cartas-modelo definidas, seguida de validação pela *engenharia de QA/P* da área de processo em causa, com base na *Checklist de auditoria às cartas de controlo*.

A monitorização do sistema é efectuada através de auditorias trimestrais, área a área, efectuadas pela *engenharia de QA/P*. Os resultados são compilados e reportados pelo *coordenador de SPC*.

Para informação mais detalhada ver secção 5

Autor:	Criador:	Doc. Nr.	Versão:	Data:	Estado:	Page/Pages
Luís Faria	Luís Faria	PD0049621.1	1.0	2008-06-25		13/18

8.3.2 Pessoas

Descrição detalhada do conhecimento e experiência requeridos às pessoas que participam na realização do processo

Função	Experiência	Conhecimento
Coordenador de SPC	≥ 3 anos de experiência no uso de SPC.	Conhecimentos de SPC de nível avançado.
Engenharia de Garantia da Qualidade / Processo (QA/P)	De acordo com a descrição da função de QA/P.	Conhecimentos de SPC de nível intermédio.
Engenharia de Garantia da Qualidade/ Qualificações (QA/Q)	De acordo com a descrição da função de QA/Q.	Conhecimentos de SPC de nível intermédio.
Engenharia de Processo	De acordo com a descrição da função de Engenharia de Processo	Conhecimentos de SPC de nível intermédio.

8.3.3 Meios

Descrição detalhada do tipo (p.e. materiais, área de trabalho, ferramentas, etc.) e dos requisitos (p.e. precisão, manutenção, calibração, etc.) dos meios que são necessários para atingir os resultados pretendidos.

Meios	Requisitos
SPACE	Disponibilidade permanente; bases de dados adequadas às necessidades da QPT.
Formação em SPC	Disponibilidade de formação para os diferentes níveis de necessidade consoante o papel no processo.

8.3.4 Procedimentos

Procedimentos adicionais necessários durante e após a realização do processo (p.e. ESD, segurança de informação, protecção ambiental, etc.)

Para instruções acerca do uso do SPACE consultar o documento "SPACE User Manual".

8.4 Controlo de Processo

8.4.1 Qualidade de Saída (Eficácia)

Descrição detalhada dos indicadores quantitativos usados para avaliar os resultados do processo em função dos requisitos dos clientes (eficácia)

Indicador	Dimensão	Avaliação / Cálculo	Monitorização
Nível de conformidade das cartas de controlo auditadas	%	Nr. de itens Conforme / Nr. de itens controlados	Mensalmente no <i>Balanced Score Card</i> da secção de Engenharia de Garantia da Qualidade de Assembly

8.4.2 Performance do Processo (Eficiência)

Descrição detalhada dos indicadores quantitativos usados para avaliar a eficiência do processo (p.e. custos, tempo, etc.)

Indicador	Dimensão	Avaliação / Cálculo	Monitorização
Percentagem de cartas corrigidas (indicador de retrabalho)	%	Nr. de cartas de controlo corrigidas / Nr. cartas de controlo do sistema	Mensalmente no <i>Balanced Score Card</i> da secção de Engenharia de Garantia da Qualidade de Assembly

Autor:	Criador:	Doc. Nr:	Versão:	Data:	Estado:	Page/Pages
Luís Faria	Luís Faria	PD0049621.1	1.0	2008-06-25		14/18

8.5 Medidas em Caso de Desvios no Processo

Descrição detalhada das medidas que o utilizador do processo deve tomar em caso de desvios (gestão de risco)

Desvio (alarme)	Acção
Nível de conformidade das cartas de controlo auditadas acima do objectivo	Aumentar frequência de monitorização das cartas; analisar causas sistémicas e rever processo.
Percentagem de cartas corrigidas (indicador de retrabalho) acima do objectivo	Aumentar frequência de monitorização das cartas; analisar causas sistémicas e rever processo.

Autor:	Criador:	Doc. Nr:	Versão:	Data:	Estado:	Page/Pages
Luís Faria	Luís Faria	PD0049621.1	1.0	2008-06-25		15/18

9 Anexos

Anexo A - Lista de requisitos de referência para uma carta de controlo.

Tabela A.1 - Lista de requisitos de referência para uma carta de controlo.

Ref. Item		Descrição														
A Informação geral sobre a Carta de Controlo																
A.1	Código de identificação da Carta de Controlo	No SPACE cada CC tem associado um código de identificação único; esta informação deve estar visível para o utilizador, para referência posterior em relatórios ou pesquisa de informação.														
A.2	Produto	A CC deve identificar o produto a que diz respeito.														
A.3	Equipamento de produção	A CC deve identificar o equipamento de produção a que diz respeito.														
A.4	Operação de processo	A CC deve identificar a operação de processo a que está associada.														
A.5	Unidade de grandeza	Na CC deve estar declarada a unidade de grandeza usada.														
A.6	Data / hora da primeira amostra visível	A CC deve apresentar o período de tempo a que a informação apresentada diz respeito.														
A.7	Data / hora da última amostra visível															
B Informação específica sobre a amostra																
B.1	Identificação de operador	Deve ser apresentada a identificação do operador responsável pela medição da amostra.														
B.2	Identificação do lote de produção	Deve ser apresentada a identificação do lote de produção de onde a amostra foi recolhida.														
B.3	Tipo de lote (Owner)	Deve ser apresentado o tipo de lote. Esta identificação é relevante no sentido em que distingue os lotes de produção normal com lotes para fins específicos, como avaliações de engenharia, qualificação do produto, etc.														
B.4	Equipamento de medição	Deve ser apresentada a identificação do equipamento de medição usado para a amostra.														
B.5	Código de identificação da amostra	No SPACE cada amostra tem associado um código de identificação único; esta informação deve estar visível para o utilizador, para referência posterior em relatórios ou pesquisa de informação.														
B.6	Tamanho de amostra	A CC deve explicitar o número de valores individuais constantes na amostra.														
B.7	Data / hora da amostra seleccionada	Deve ser apresentada a data/hora de registo da amostra.														
<table><tr><td>Autor:</td><td>Criador:</td><td>Doc. Nr:</td><td>Versão:</td><td>Data:</td><td>Estado:</td><td>Page/Pages</td></tr><tr><td>Luís Faria</td><td>Luís Faria</td><td>PD0049621.1</td><td>1.0</td><td>2008-06-25</td><td></td><td>16/18</td></tr></table>			Autor:	Criador:	Doc. Nr:	Versão:	Data:	Estado:	Page/Pages	Luís Faria	Luís Faria	PD0049621.1	1.0	2008-06-25		16/18
Autor:	Criador:	Doc. Nr:	Versão:	Data:	Estado:	Page/Pages										
Luís Faria	Luís Faria	PD0049621.1	1.0	2008-06-25		16/18										

Ref.	Item	Descrição
B.8	Valor da média	Deve ser apresentada a média dos valores individuais da amostra.
B.9	Valor de desvio-padrão	Deve ser apresentado o valor de desvio-padrão dos valores individuais da amostra.
B.10	Valor mínimo da amostra	Deve ser apresentado o valor mínimo dos valores individuais da amostra.
B.11	Valor máximo da amostra	Deve ser apresentado o valor máximo dos valores individuais da amostra.
B.12	Valores dos limites apresentados na carta de Valores Individuais	Deve ser apresentado o valor dos limites definidos para os valores individuais da amostra à data em que esta foi registada.
B.13	Valores dos limites apresentados na carta da Média	Deve ser apresentado o valor dos limites definidos para a média da amostra à data em que esta foi registada.
B.14	Valores dos limites apresentados na carta de Desvio-Padrão	Deve ser apresentado o valor dos limites definidos para o desvio-padrão da amostra à data em que esta foi registada.
B.15	Comentário externo	Devem ser visíveis os comentários eventualmente adicionados pelo operador aquando do registo da amostra no sistema.
B.16	Comentário interno	Devem ser visíveis os comentários eventualmente adicionados por terceiros para a amostra, posteriormente ao seu registo; é um campo tipicamente utilizado pela engenharia para registar factos relevantes associados a essa amostra.
B.17	Descrição de violação	Deve ser apresentada uma descrição em texto das violação de regras de SPC automaticamente identificadas pelo sistema (SPACE) sempre que estas acontecem.
B.18	Comentário à violação	Devem ser visíveis os comentários efectuados pelo operador como resposta à mensagem de alerta enviada pelo sistema devido à detecção de uma violação de SPC.
C Apresentação gráfica das cartas		
C.1	Limites de Especificação visíveis na carta de Valores Individuais	Devem ser visíveis os valores dos Limites de Especificação na carta de Valores Individuais.
C.2	Limites de Controlo desactivados na carta de Valores Individuais	Devem estar desactivados os Limites de Controlo na carta de Valores Individuais.
C.3	Limites de Controlo definidos para a carta das Médias	Devem estar definidos Limites de Controlo para a carta das Médias.
C.4	Limites de Controlo visíveis na carta das Médias	Devem estar visíveis os Limites de Controlo na carta das Médias.
C.5	Seleção correcta de Limites de Control Inferior e/ou Superior na carta das Médias	A carta das Médias deve ter uma selecção correcta do tipo de limites em uso. (Ex: numa característica que tenha apenas limite superior de especificação, apenas deve estar definido um limite superior de controlo, desactivando-se o limite inferior).

Autor: Luís Faria	Criador: Luís Faria	Doc. Nr: PD0049621.1	Versão: 1.0	Data: 2008-06-25	Estado:	Page/Pages 17/18
----------------------	------------------------	-------------------------	----------------	---------------------	---------	---------------------

Ref.	Item	Descrição
C.6	Limite de Controlo definido na carta de Desvio-Padrão	Devem estar definidos Limites de Controlo para a carta de Desvios-Padrão.
C.7	Limite de Controlo visível na carta de Desvio-Padrão	Devem estar visíveis os Limites de Controlo na carta de Desvios-Padrão.
C.8	Seleção correcta de Limites de Controlo Inferior e/ou Superior na carta de Desvios-Padrão	A carta de Desvios-Padrão deve ter uma seleção correcta do tipo de limites em uso.
D Regras de identificação de desvios		
D.1	Violação de Limites de Especificação na carta de Valores Individuais	Deve estar activada a regra de verificação da violação dos Limites de Especificação na carta de Valores Individuais.
D.2	Violação de Limites de Controlo na carta de Médias	Deve estar activada a regra de verificação da violação dos Limites de Controlo na carta de Médias.
D.3	Violação de Limites de Controlo na carta de Desvios-Padrão	Deve estar activada a regra de verificação da violação dos Limites de Controlo na carta de Desvios-Padrão.
D.4	Uma regra WER adicional implementada	Deve estar implementada uma regra WER adicional.
D.5	Lista de distribuição adequada para as notificações	A lista de distribuição de alertas por e-mail deve estar correctamente definida.

Autor:	Criador:	Doc. Nr:	Versão:	Data:	Estado:	Page/Pages
Luís Faria	Luís Faria	PD0049621.1	1.0	2008-06-25		18/18

Anexo B

Tabelas de Constantes para a Construção de Cartas de Controlo

Tabela 22 – Tabela de constantes para a construção de cartas de controlo de processo (de n=2 a n=51).

Factors for constructing variables control charts									
Thomas Wagner, IFAG QM MT,									
Status	2007-05-23								
n	1/c4	c4	A3	B	B3	B4	D	d2	A2
2	1.253	0.798	2.659	2.267	0.000	3.267	2.268	1.128	1.880
3	1.128	0.886	1.954	1.568	0.000	2.568	1.574	1.693	1.023
4	1.085	0.921	1.628	1.266	0.000	2.266	1.282	2.059	0.729
5	1.064	0.940	1.427	1.089	0.000	2.089	1.115	2.326	0.577
6	1.051	0.952	1.287	0.970	0.030	1.970	1.004	2.534	0.483
7	1.042	0.959	1.182	0.882	0.118	1.882	0.924	2.704	0.419
8	1.036	0.965	1.099	0.815	0.185	1.815	0.864	2.847	0.373
9	1.032	0.969	1.032	0.761	0.239	1.761	0.816	2.970	0.337
10	1.028	0.973	0.975	0.716	0.284	1.716	0.777	3.078	0.308
11	1.025	0.975	0.927	0.679	0.321	1.679	0.744	3.173	0.285
12	1.023	0.978	0.886	0.646	0.354	1.646	0.717	3.258	0.266
13	1.021	0.979	0.850	0.618	0.382	1.618	0.693	3.336	0.249
14	1.019	0.981	0.817	0.594	0.406	1.594	0.672	3.407	0.235
15	1.018	0.982	0.789	0.572	0.428	1.572	0.653	3.472	0.223
16	1.017	0.983	0.763	0.552	0.448	1.552	0.637	3.532	0.212
17	1.016	0.985	0.739	0.534	0.466	1.534	0.622	3.588	0.203
18	1.015	0.985	0.718	0.518	0.482	1.518	0.609	3.640	0.194
19	1.014	0.986	0.698	0.503	0.497	1.503	0.596	3.689	0.187
20	1.013	0.987	0.680	0.490	0.510	1.490	0.585	3.735	0.180
21	1.013	0.988	0.663	0.477	0.523	1.477	0.572	3.778	0.173
22	1.012	0.988	0.647	0.466	0.534	1.466	0.564	3.819	0.167
23	1.011	0.989	0.633	0.455	0.545	1.455	0.556	3.858	0.162
24	1.011	0.989	0.619	0.445	0.555	1.445	0.549	3.895	0.157
25	1.010	0.990	0.606	0.435	0.565	1.435	0.542	3.931	0.153
26	1.010	0.990	0.594	0.426	0.574	1.426	0.536	3.967	0.149
27	1.010	0.990	0.583	0.418	0.582	1.418	0.530	3.996	0.145
28	1.009	0.991	0.572	0.410	0.590	1.410	0.524	4.025	0.141
29	1.009	0.991	0.562	0.403	0.597	1.403	0.519	4.052	0.138
30	1.009	0.991	0.552	0.396	0.604	1.396	0.509	4.086	0.134
31	1.008	0.992	0.543	0.389	0.611	1.389	0.508	4.105	0.130
32	1.008	0.992	0.535	0.383	0.617	1.383	0.503	4.130	0.127
33	1.008	0.992	0.526	0.376	0.624	1.376	0.499	4.155	0.125
34	1.008	0.992	0.518	0.371	0.629	1.371	0.494	4.179	0.122
35	1.007	0.993	0.511	0.365	0.635	1.365	0.490	4.203	0.120
36	1.007	0.993	0.504	0.360	0.640	1.360	0.486	4.226	0.118
37	1.007	0.993	0.497	0.355	0.645	1.355	0.482	4.248	0.116
38	1.007	0.993	0.490	0.350	0.650	1.350	0.478	4.270	0.114
39	1.007	0.993	0.484	0.345	0.655	1.345	0.474	4.292	0.112
40	1.006	0.994	0.477	0.341	0.659	1.341	0.465	4.322	0.110
41	1.006	0.994	0.471	0.336	0.664	1.336	0.467	4.334	0.108
42	1.006	0.994	0.466	0.332	0.668	1.332	0.464	4.354	0.106
43	1.006	0.994	0.460	0.328	0.672	1.328	0.461	4.374	0.105
44	1.006	0.994	0.455	0.324	0.676	1.324	0.457	4.394	0.103
45	1.006	0.994	0.450	0.321	0.679	1.321	0.454	4.413	0.101
46	1.006	0.994	0.445	0.317	0.683	1.317	0.451	4.432	0.100
47	1.005	0.995	0.440	0.314	0.686	1.314	0.448	4.450	0.099
48	1.005	0.995	0.435	0.310	0.690	1.310	0.446	4.469	0.097
49	1.005	0.995	0.431	0.307	0.693	1.307	0.443	4.487	0.096
50	1.005	0.995	0.426	0.304	0.696	1.304	0.435	4.498	0.094
51	1.005	0.995	0.422	0.301	0.699	1.301	0.437	4.515	0.093

Tabela 23 – Tabela de constantes para a construção de cartas de controle de processo (de n=52 a n=100).

Factors for constructing variables control charts									
Thomas Wagner, IFAG QM MT.									
Status	2007-05-23								
n	1/c4	c4	A3	B	B3	B4	D	d2	A2
52	1.005	0.995	0.418	0.298	0.702	1.298	0.435	4.529	0.092
53	1.005	0.995	0.414	0.295	0.705	1.295	0.432	4.543	0.091
54	1.005	0.995	0.410	0.292	0.708	1.292	0.430	4.556	0.090
55	1.005	0.995	0.406	0.289	0.711	1.289	0.428	4.569	0.089
56	1.005	0.995	0.403	0.287	0.713	1.287	0.425	4.582	0.088
57	1.004	0.996	0.399	0.284	0.716	1.284	0.423	4.595	0.087
58	1.004	0.996	0.396	0.282	0.718	1.282	0.421	4.608	0.086
59	1.004	0.996	0.392	0.279	0.721	1.279	0.419	4.620	0.085
60	1.004	0.996	0.389	0.277	0.723	1.277	0.413	4.632	0.083
61	1.004	0.996	0.386	0.274	0.726	1.274	0.415	4.644	0.083
62	1.004	0.996	0.383	0.272	0.728	1.272	0.412	4.656	0.082
63	1.004	0.996	0.379	0.270	0.730	1.270	0.411	4.668	0.081
64	1.004	0.996	0.376	0.268	0.732	1.268	0.409	4.680	0.080
65	1.004	0.996	0.374	0.266	0.734	1.266	0.407	4.691	0.079
66	1.004	0.996	0.371	0.264	0.736	1.264	0.405	4.702	0.079
67	1.004	0.996	0.368	0.262	0.738	1.262	0.403	4.713	0.078
68	1.004	0.996	0.365	0.260	0.740	1.260	0.401	4.724	0.077
69	1.004	0.996	0.362	0.258	0.742	1.258	0.399	4.735	0.076
70	1.004	0.996	0.360	0.256	0.744	1.256	0.397	4.746	0.075
71	1.004	0.996	0.357	0.254	0.746	1.254	0.396	4.757	0.075
72	1.004	0.996	0.355	0.252	0.748	1.252	0.394	4.767	0.074
73	1.003	0.997	0.352	0.250	0.750	1.250	0.393	4.777	0.073
74	1.003	0.997	0.350	0.249	0.751	1.249	0.391	4.788	0.073
75	1.003	0.997	0.348	0.247	0.753	1.247	0.389	4.806	0.072
76	1.003	0.997	0.345	0.245	0.755	1.245	0.388	4.808	0.071
77	1.003	0.997	0.343	0.244	0.756	1.244	0.386	4.818	0.071
78	1.003	0.997	0.341	0.242	0.758	1.242	0.385	4.827	0.070
79	1.003	0.997	0.339	0.241	0.759	1.241	0.383	4.837	0.070
80	1.003	0.997	0.336	0.239	0.761	1.239	0.383	4.847	0.069
81	1.003	0.997	0.334	0.238	0.762	1.238	0.381	4.856	0.068
82	1.003	0.997	0.332	0.236	0.764	1.236	0.379	4.866	0.068
83	1.003	0.997	0.330	0.235	0.765	1.235	0.378	4.875	0.067
84	1.003	0.997	0.328	0.233	0.767	1.233	0.376	4.884	0.067
85	1.003	0.997	0.326	0.232	0.768	1.232	0.375	4.893	0.066
86	1.003	0.997	0.324	0.230	0.770	1.230	0.374	4.902	0.066
87	1.003	0.997	0.323	0.229	0.771	1.229	0.372	4.911	0.065
88	1.003	0.997	0.321	0.228	0.772	1.228	0.371	4.920	0.065
89	1.003	0.997	0.319	0.226	0.774	1.226	0.370	4.929	0.064
90	1.003	0.997	0.317	0.225	0.775	1.225	0.371	4.937	0.064
91	1.003	0.997	0.315	0.224	0.776	1.224	0.367	4.946	0.063
92	1.003	0.997	0.314	0.223	0.777	1.223	0.366	4.955	0.063
93	1.003	0.997	0.312	0.221	0.779	1.221	0.365	4.963	0.062
94	1.003	0.997	0.310	0.220	0.780	1.220	0.364	4.971	0.062
95	1.003	0.997	0.309	0.219	0.781	1.219	0.363	4.980	0.062
96	1.003	0.997	0.307	0.218	0.782	1.218	0.362	4.988	0.061
97	1.003	0.997	0.305	0.217	0.783	1.217	0.360	4.996	0.061
98	1.003	0.997	0.304	0.216	0.784	1.216	0.359	5.004	0.060
99	1.003	0.997	0.302	0.215	0.785	1.215	0.358	5.012	0.060
100	1.003	0.997	0.301	0.213	0.787	1.213	0.362	5.015	0.060

Anexo C

Lista De Características Controladas Em Cada Área De Processo No Sistema De
SPC Da Qimonda Portugal

Tabela 24 – Lista de características controladas em cada área de processo no sistema de SPC da Qimonda Portugal.

Área	Parâmetros de SPC	Nr. de Canais de SPC
WLA-SC	CD_Litho-2	1
	Pad_Opening_DL1	1
	Pad_Opening_DL3	1
	Trace_Height	1
	Trace_Width	1
WLA-SC Total		5
Printing	Adhesive_Height	50
	DOG_EAR	13
Printing Total		63
Pre-Assy	CHIP	83
	KCENT	88
	WTH	87
Pre-Assy Total		258
Assembly	BLT	9
	L_H	62
	NH_D	66
	NH_H	69
	TPU	73
	TSH	70
Assembly Total		349
Assembly Dual Die	BLT_1stDie	5
	BLT_2ndDie	4
	BLT_Spacer	5
	L_H_1stDie	5
	L_H_2ndDie	5
	NH_D_1stDie	6
	NH_D_2ndDie	5
	NH_H_1stDie	5
	NH_H_2ndDie	5
	TPU_1stDie	6
	TPU_2ndDie	5
	TSH_1stDie	5
	TSH_2ndDie	5
Assembly Dual Die Total		66
End Of Line	BALL_SH	10
	FBST_BALL_FAILURE_350_T	1
	FBST_BALL_FAILURE_400_T	1
	FBST_ENERGY_BEFORE_PEAK_350_T	1
	FBST_ENERGY_BEFORE_PEAK_400_T	1
	FBST_FAILURE_MODE_350_T	1
	FBST_FAILURE_MODE_400_T	1
	ICOS_COPL	26
	ICOS_SPREAD	25
	ICOS_STDOFF	25
	ICOS_STDOFF_MAX	18
	ICOS_STDOFF_MIN	17
	LEVEL_OFF	25
	PLA_COMP	3
	PLA_THICKN	4
End Of Line Total		159
MSP	PLF	80
MSP Total		80
Total Geral		980

Anexo D

Lista de Requisitos de Referência para o Bom Serviço de uma Carta de Controle

Tabela D.1 – Lista de requisitos de referência para uma carta de controlo.

Ref.	Item	Descrição
A Informação geral sobre a Carta de Controlo		
A.1	Código de identificação da Carta de Controlo	No SPACE cada carta de controlo (CC) tem associado um código de identificação único; esta informação deve estar visível para o utilizador, para referência posterior em relatórios ou pesquisa de informação.
A.2	Produto	A CC deve identificar o produto a que diz respeito.
A.3	Equipamento de produção	A CC deve identificar o equipamento de produção a que diz respeito.
A.4	Operação de processo	A CC deve identificar a operação de processo a que está associada.
A.5	Unidade de grandeza	Na CC deve estar declarada a unidade de grandeza usada.
A.6	Data / hora da primeira amostra visível	A CC deve apresentar o período de tempo a que a informação apresentada diz respeito.
A.7	Data / hora da última amostra visível	
B Informação específica sobre a amostra		
B.1	Identificação de operador	Deve ser apresentada a identificação do operador responsável pela medição da amostra.
B.2	Identificação do lote de produção	Deve ser apresentada a identificação do lote de produção de onde a amostra foi recolhida.
B.3	Tipo de lote (Owner)	Deve ser apresentado o tipo de lote. Esta identificação é relevante no sentido em que distingue os lotes de produção normal com lotes para fins específicos, como avaliações de engenharia, qualificação do produto, etc.
B.4	Equipamento de medição	Deve ser apresentada a identificação do equipamento de medição usado para a amostra.
B.5	Código de identificação da amostra	No SPACE cada amostra tem associado um código de identificação único; esta informação deve estar visível para o utilizador, para referência posterior em relatórios ou pesquisa de informação.
B.6	Tamanho de amostra	A CC deve explicitar o número de valores individuais constantes na amostra.

Ref. Item		Descrição
B.7	Data / hora da amostra seleccionada	Deve ser apresentada a data/hora de registo da amostra.
B.8	Valor da média	Deve ser apresentada a média dos valores individuais da amostra.
B.9	Valor de desvio-padrão	Deve ser apresentado o valor de desvio-padrão dos valores individuais da amostra.
B.10	Valor mínimo da amostra	Deve ser apresentado o valor mínimo dos valores individuais da amostra.
B.11	Valor máximo da amostra	Deve ser apresentado o valor máximo dos valores individuais da amostra.
B.12	Valores dos limites apresentados na carta de Valores Individuais	Deve ser apresentado o valor dos limites definidos para os valores individuais da amostra à data em que esta foi registada.
B.13	Valores dos limites apresentados na carta da Média	Deve ser apresentado o valor dos limites definidos para a média da amostra à data em que esta foi registada.
B.14	Valores dos limites apresentados na carta de Desvio-Padrão	Deve ser apresentado o valor dos limites definidos para o desvio-padrão da amostra à data em que esta foi registada.
B.15	Comentário externo	Devem ser visíveis os comentários eventualmente adicionados pelo operador aquando do registo da amostra no sistema.
B.16	Comentário interno	Devem ser visíveis os comentários eventualmente adicionados por terceiros para a amostra, posteriormente ao seu registo; é um campo tipicamente utilizado pela engenharia para registar factos relevantes associados a essa amostra.
B.17	Descrição de violação	Deve ser apresentada uma descrição em texto das violação de regras de SPC automaticamente identificadas pelo sistema (SPACE) sempre que estas acontecem.
B.18	Comentário à violação	Devem ser visíveis os comentários efectuados pelo operador como resposta à mensagem de alerta enviada pelo sistema devido à detecção de uma violação de SPC.
C Apresentação gráfica das cartas		
C.1	Limites de Especificação visíveis na carta de Valores Individuais	Devem ser visíveis os valores dos Limites de Especificação na carta de Valores Individuais.
C.2	Limites de Controlo desactivados na carta de Valores Individuais	Devem estar desactivados os Limites de Controlo na carta de Valores Individuais.

Ref.	Item	Descrição
C.3	Limites de Controlo definidos para a carta das Médias	Devem estar definidos Limites de Controlo para a carta das Médias.
C.4	Limites de Controlo visíveis na carta das Médias	Devem estar visíveis os Limites de Controlo na carta das Médias.
C.5	Seleção correcta de Limites de Control Inferior e/ou Superior na carta das Médias	A carta das Médias deve ter uma selecção correcta do tipo de limites em uso. (Ex: numa característica que tenha apenas limite superior de especificação, apenas deve estar definido um limite superior de controlo, desactivando-se o limite inferior).
C.6	Limite de Controlo definido na carta de Desvio-Padrão	Devem estar definidos Limites de Controlo para a carta de Desvios-Padrão.
C.7	Limite de Controlo visível na carta de Desvio-Padrão	Devem estar visíveis os Limites de Controlo na carta de Desvios-Padrão.
C.8	Seleção correcta de Limites de Controlo Inferior e/ou Superior na carta de Desvios-Padrão	A carta de Desvios-Padrão deve ter uma selecção correcta do tipo de limites em uso.
D Regras de identificação de desvios		
D.1	Violação de Limites de Especificação na carta de Valores Individuais	Deve estar activada a regra de verificação da violação dos Limites de Especificação na carta de Valores Individuais.
D.2	Violação de Limites de Controlo na carta de Médias	Deve estar activada a regra de verificação da violação dos Limites de Controlo na carta de Médias.
D.3	Violação de Limites de Controlo na carta de Desvios-Padrão	Deve estar activada a regra de verificação da violação dos Limites de Controlo na carta de Desvios-Padrão.
D.4	Uma regra WER adicional implementada	Deve estar implementada uma regra WER adicional.
D.5	Lista de distribuição adequada para as notificações	A lista de distribuição de alertas por e-mail deve estar correctamente definida.

Anexo E

Checklist De Auditoria Às Cartas De Controlo

Checklist Para Auditoria Ao Estado Actual das Cartas de Controlo

Área: _____ Param.: _____ Ch/Ckc ID: _____

Informação geral sobre a Carta de Controlo

- ☐ Código de identificação da Carta de Controlo
- ☐ Produto
- ☐ Equipamento de produção
- ☐ Equipamento de medição
- ☐ Operação de processo
- ☐ Data / hora da primeira amostra visível
- ☐ Data / hora da última amostra visível

Informação específica sobre a amostra

- ☐ Identificação de operador
- ☐ Identificação do lote de produção
- ☐ Tipo de lote (Owner)
- ☐ Unidade de grandeza
- ☐ Código de identificação da amostra
- ☐ Tamanho de amostra
- ☐ Data / hora da amostra seleccionada
- ☐ Valor da média
- ☐ Valor de Desvio Padrão
- ☐ Valor Mínimo da amostra
- ☐ Valor Máximo da amostra
- ☐ Valores dos limites apresentados na carta de Valores Individuais
- ☐ Valores dos limites apresentados na carta da Média
- ☐ Valores dos limites apresentados na carta de Desvio Padrão
- ☐ Comentário externo
- ☐ Comentário interno
- ☐ Descrição de violação
- ☐ Comentário à violação

Apresentação de Limites nas cartas

- ☐ Limites de Especificação visíveis na carta de Valores Individuais
- ☐ Limites de Controlo desactivados na carta de Valores Individuais
- ☐ Limites de Controlo definidos para a carta das médias
- ☐ Limites de Controlo visíveis na carta das médias
- ☐ Selecção correcta de Limites de Control Inferior e/ou Superior na carta das Médias
- ☐ Limite de Controlo definido na carta de Desvio Padrão
- ☐ Limite de Controlo visível na carta de Desvio Padrão
- ☐ Selecção correcta de Limites de Controlo Inferior e/ou Superior na carta de Desvio Padrão

Regras de identificação de desvios

- ☐ Violação de Limites de Especificação na carta de Valores Individuais
- ☐ Violação de Limites de Controlo na carta de Médias
- ☐ Violação de Limites de Controlo na carta de Desvios Padrão
- ☐ Uma regra WER adicional implementada
- ☐ Lista de distribuição adequadas para as notificações

Figura E1 – Checklist de auditoria às cartas de controlo.